COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 SEPTEMBRE 1842.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DE LA LUMIÈRE. — *Mémoire sur les phénomènes des ombres et de la diffraction; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Dans la théorie de la lumière et dans le système de l'émanation, chaque rayon lumineux est animé d'un mouvement de translation, et les molécules dont il se compose se meuvent en ligne droite, en vertu de vitesses acquises; c'est même en vertu des vitesses de translation des molécules, que les rayons lumineux, après avoir traversé une ouverture pratiquée dans un écran, continuent à se mouvoir en ligne droite, de manière à laisser généralement dans l'ombre les points situés en dehors de leurs propres directions. Mais comment est-il possible de concevoir l'existence de ce phénomène dans le système des ondulations? Comment peut-on alors expliquer la marche rectiligne des rayons lumineux, et les filets de lumière qui s'échappent, par exemple, au travers des fentes d'un volet? Ce problème est l'un de ceux que j'ai résolus depuis longtemps. Il est précisément celui dont j'ai annoncé la solution dans les deux Lettres adressées de Prague à M. Libri, les 22 et 26 avril 1836. Ces lettres, insé-

rées dans le *Compte rendu* de la séance du 9 mai 1836, contiennent le passage suivant :

» *Comme une des plus graves objections que l'on ait faites contre la théorie des ondulations de l'éther se tire de l'existence des ombres, et de la propriété qu'ont les écrans d'arrêter la marche des vibrations lumineuses, je désirais beaucoup arriver à déduire de mes formules générales les lois relatives aux deux phénomènes des ombres et de la diffraction. Mais, pour y parvenir, il fallait surmonter quelques difficultés d'analyse. J'y ai enfin réussi; et, pour représenter les mouvements de l'éther lorsque la lumière est interceptée par un écran, j'ai trouvé des formules dont je veux un instant vous entretenir.*

» Dans la suite de la même Lettre, je donnais les formules que j'avais obtenues pour le cas où la lumière se trouve en partie interceptée par un écran dont la surface est plane et perpendiculaire à la direction du rayon incident; puis j'examinais ce qui arrive quand la lumière passe à travers une fente pratiquée dans la surface, et j'ajoutais que mes formules générales représentaient le rayon diffracté, quelles que fussent la direction et la nature du rayon incident. J'indiquais en particulier cette conséquence de mes formules, que, si le rayon incident est polarisé dans un certain plan, le rayon diffracté restera toujours polarisé dans le même plan.

» La question à laquelle se rapportait ma Lettre du 22 avril 1836 étant effectivement l'une des plus importantes que présente la théorie de la lumière, j'ai pensé que les géomètres ne verraient pas sans intérêt l'analyse qui m'avait conduit aux formules et aux conséquences exposées dans cette Lettre. Je vais transcrire ici cette analyse, telle que je la retrouve dans le 4e paragraphe d'un Mémoire sur la théorie de la lumière, contenu dans l'un des cahiers manuscrits et reliés que j'ai rapportés d'Allemagne. Parmi les diverses formules qui ont rapport à la diffraction, dans les cahiers dont il s'agit, celles que présente le paragraphe cité sont évidemment celles qu'indique ma Lettre du 22 avril. En effet, ces formules qui, sur le cahier où elles se trouvent inscrites, précèdent le texte original du Mémoire lithographié à Budweiss dans le mois d'août 1836, sont conformes à celles que la Lettre renferme, et fournissent tous les résultats énoncés dans cette lettre. Les trois premiers paragraphes du Mémoire dont elles font partie renferment précisément la théorie des ondes sphériques ou cylindriques, mentionnée d'une part dans la même Lettre, d'autre part dans le *Compte rendu* de la séance du 18 novembre 1839; et c'est pour cette raison que M. Flourens, secrétaire perpétuel de l'Académie, a bien voulu,

sur ma demande, apposer sa signature en tête du Mémoire, dans la séance que je viens de rappeler.

» Je tenais d'autant plus à donner en détail les calculs dont les résultats se trouvent consignés dans le tome II des *Comptes rendus* de l'Académie, qu'avant l'époque où ma Lettre a été publiée, c'est-à-dire avant le mois de mai 1836, personne, à ma connaissance, n'était parvenu à déduire des formules qui représentent les mouvements infiniment petits d'un système de points matériels, une théorie mathématique des ombres et de la diffraction. Par ce motif, je crois pouvoir, avec confiance, offrir mon Mémoire à l'Académie, comme un témoignage des efforts que je n'ai cessé de faire afin de contribuer, autant qu'il dépendait de moi, aux progrès de la Physique mathématique.

ANALYSE [*].

» Considérons, dans la théorie de la lumière, le cas où le mouvement se propage en tous sens, suivant les mêmes lois; et soient, au bout du temps t,

$$\xi,\ \eta,\ \zeta$$

les déplacements de la molécule qui occupe le point (x, y, z), mesurés parallèlement aux axes coordonnés. Si l'on conserve seulement dans le calcul les dérivées du second ordre de ξ, η, ζ prises par rapport aux coordonnées x, y, z, les équations du mouvement de l'éther seront de la forme

$$(1)\quad \begin{cases} D_t^2\xi = \Omega^2(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)\xi + 2R\,D_x v, \\ D_t^2\eta = \Omega^2(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)\eta + 2R\,D_y v, \\ D_t^2\zeta = \Omega^2(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)\zeta + 2R\,D_z v; \end{cases}$$

[*] Pour rendre cette analyse plus facile à suivre, je transcris ici, avec le 4[e] paragraphe du Mémoire cité dans le préambule, quelques lignes empruntées au 1[er] paragraphe de ce Mémoire; et d'ailleurs, pour plus de simplicité, je représenterai les dérivées des divers ordres d'une même fonction, prises par rapport à x, y, z, t, à l'aide des caractéristiques

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t;\quad D_x^2,\ D_y^2,\ \text{etc.}$$

Ω, R désignant deux quantités constantes, et la valeur de υ étant

$$(2) \qquad \upsilon = D_x \xi + D_y \eta + D_z \zeta.$$

On tire des formules (1) et (2)

$$D_t^2 \upsilon = (\Omega^2 + 2R)(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)\upsilon.$$

Cette dernière équation sera vérifiée si l'on a, quel que soit t,

$$(3) \qquad \upsilon = 0.$$

Effectivement, l'équation (3) paraît subsister dans les phénomènes lumineux, toutes les fois que la propagation du mouvement est la même en tous sens. Si d'ailleurs on a

$$\zeta = 0,$$

et si ξ, η deviennent indépendants de z, les équations (1) seront réduites à

$$(4) \qquad \begin{cases} D_t^2 \xi = \Omega^2 (D_x^2 + D_y^2)\xi, \\ D_t^2 \eta = \Omega^2 (D_x^2 + D_y^2)\eta, \end{cases}$$

tandis que les formules (2) et (3) donneront

$$(5) \qquad D_x \xi + D_y \eta = 0.$$

» Supposons maintenant que, les rayons lumineux étant dirigés vers la partie de l'espace située du côté des x positives, la lumière soit interceptée dans le plan des y, z, excepté entre les limites

$$(6) \qquad y = y_0, \quad y = y_1.$$

Supposons d'ailleurs que, du côté des x négatives, les variables imaginaires

$$\bar{\xi}, \ \bar{\eta},$$

dont les parties réelles sont ξ, η, se trouvent déterminées par les équa-

tions

(7) [*] $\bar{\xi} = -\bar{C} v e^{(ux+vy-st)\sqrt{-1}}, \quad \bar{\eta} = \bar{C} u e^{(ux+vy-st)\sqrt{-1}};$

u, v, s désignant des constantes liées entre elles par les formules

(8) $$s = \Omega k, \quad u^2 + v^2 = k^2,$$

et $\bar{C}$ une constante imaginaire. On pourra supposer généralement, du côté des x positives,

(9) $$\begin{cases} \bar{\xi} = -\frac{1}{2\pi}\bar{C} v \int_{y_0}^{y_1}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha(y-\mu)\sqrt{-1}} e^{(v\mu-st)\sqrt{-1}} \Lambda \, d\alpha \, d\mu \text{[**]}, \\ \bar{\eta} = \frac{1}{2\pi}\bar{C} u \int_{y_0}^{y_1}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha(y-\mu)\sqrt{-1}} e^{(v\mu-st)\sqrt{-1}} \Lambda \, d\alpha \, d\mu, \end{cases}$$

Λ désignant une fonction de x et de α, qui, en vertu des formules (4), devra vérifier l'équation

$$\Omega^2 (D_x^2 \Lambda - \alpha^2 \Lambda) = - s^2 \Lambda,$$

ou

(10) $$D_x^2 \Lambda = - (k^2 - \alpha^2) \Lambda,$$

qui devra se réduire à l'unité pour $x = 0$, et qui de plus devra être telle que les formules (9) se réduisent aux formules (7), pour $y_0 = -\infty$, $y_1 = \infty$. Or, si l'on pose

$$\Lambda = F(x, \alpha),$$

on aura, en vertu d'une formule connue,

$$\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha(y-\mu)\sqrt{-1}} e^{(v\mu-st)\sqrt{-1}} \Lambda \, d\alpha \, d\mu = e^{(vy-st)\sqrt{-1}} F(x, v),$$

---

[*] Ces valeurs de $\bar{\xi}$, $\bar{\eta}$ sont celles qui représentent un mouvement simple, pour lequel se vérifient les équations (4) et (5).

[**] La forme donnée aux valeurs de $\bar{\xi}$, $\bar{\eta}$ dans les équations (9) n'est pas arbitrairement choisie ; elle est telle, qu'en vertu de ces équations, et quand on y pose $\Lambda = 1$, les valeurs de $\bar{\xi}$, $\bar{\eta}$ s'évanouissent hors des limites $y = y_0$, $y = y_1$, et se réduisent entre ces limites aux valeurs que donnent, pour $x = 0$, les équations (7).

et par suite la supposition $y_0 = -\infty$, $y_1 = \infty$ réduira les formules (9) à

$$\bar{\xi} = -\bar{C} v e^{(v y - st)\sqrt{-1}} F(x, v), \quad \bar{\eta} = \bar{C} u e^{(v y - st)\sqrt{-1}} F(x, v).$$

Donc, pour que cette supposition réduise les formules (9) aux formules (7), il suffit que l'on ait

$$F(x, v) = e^{ux\sqrt{-1}} = e^{(k^2 - v^2)^{\frac{1}{2}}\sqrt{-1}},$$

et par suite

$$[*] \qquad A = F(x, \alpha) = e^{(k^2 - \alpha^2)^{\frac{1}{2}} x \sqrt{-1}}.$$

Cela posé, les formules (9) donneront généralement

$$(11) \begin{cases} \bar{\xi} = -\frac{1}{2\pi} \bar{C} v \int_{y_0}^{y_1} \int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha(y-\mu)\sqrt{-1}} e^{(v\mu - st)\sqrt{-1}} e^{(k^2-\alpha^2)^{\frac{1}{2}} x \sqrt{-1}} d\alpha\, d\mu, \\ \bar{\eta} = \frac{1}{2\pi} \bar{C} u \int_{y_0}^{y_1} \int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha(y-\mu)\sqrt{-1}} e^{(v\mu - st)\sqrt{-1}} e^{(k^2-\alpha^2)^{\frac{1}{2}} x \sqrt{-1}} d\alpha\, d\mu. \end{cases}$$

On a d'ailleurs

$$(12) \qquad (k^2 - \alpha^2)^{\frac{1}{2}} = k^2 - \frac{\alpha^2}{2k} + \text{etc.};$$

et, attendu que la valeur de k est très-considérable, la formule (12) donnera sensiblement, pour des valeurs finies de α [**],

$$(13) \quad (k^2 - \alpha^2)^{\frac{1}{2}} = k^2 - \frac{\alpha^2}{2k}, \quad e^{(k^2-\alpha^2)^{\frac{1}{2}} x \sqrt{-1}} = e^{kx\sqrt{-1} - \frac{\alpha^2 x}{2k}\sqrt{-1}}.$$

On a d'autre part, en supposant la partie réelle de la constante a positive,

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-(a\alpha^2 + b\alpha)} d\alpha = \frac{\pi}{a^{\frac{1}{2}}} e^{\frac{b^2}{4a}},$$

---

[*] Cette valeur de A vérifie évidemment la formule (10), et en conséquence elle satisfait à toutes les conditions énoncées.

[**] Les valeurs infinies de α ne doivent pas influer sur les valeurs des seconds membres des formules (11) ; autrement ces seconds membres deviendraient indéterminés.

et par suite

$$(14)\quad \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\left[\frac{\alpha^2 x}{2k} - \alpha(y-\mu)\right]\sqrt{-1}}\, d\alpha = \left(\frac{2\pi k}{x}\right)^{\frac{1}{2}} e^{\left[\frac{k(y-\mu)^2}{2x} - \frac{\pi}{4}\right]\sqrt{-1}}.$$

Donc les formules (11) donneront

$$(15)\left\{\begin{aligned} \bar{\xi} &= -\bar{C}v\left(\frac{k}{2\pi x}\right)^{\frac{1}{2}} e^{\left(kx - st - \frac{\pi}{4}\right)\sqrt{-1}} \int_{y_0}^{y_1} e^{\left[v\mu + \frac{k(y-\mu)^2}{2x}\right]\sqrt{-1}}\, d\mu,\\ \bar{\eta} &= \bar{C}u\left(\frac{k}{2\pi x}\right)^{\frac{1}{2}} e^{\left(kx - st - \frac{\pi}{4}\right)\sqrt{-1}} \int_{y_0}^{y_1} e^{\left[v\mu + \frac{k(y-\mu)^2}{2x}\right]\sqrt{-1}}\, d\mu. \end{aligned}\right.$$

» Si les directions des rayons lumineux sont parallèles à l'axe des x, on aura $v = 0$, $u = k$,

$$\bar{\xi} = 0, \quad \xi = 0,$$

$$\bar{\eta} = \bar{C}k\left(\frac{k}{2\pi x}\right)^{\frac{1}{2}} e^{\left(kx - st - \frac{\pi}{4}\right)\sqrt{-1}} \int_{y_0}^{y_1} e^{\frac{k(y-\mu)^2}{2x}\sqrt{-1}}\, d\mu,$$

puis en posant, pour abréger,

$$\bar{C}k = \mathrm{I}\, e^{\lambda\sqrt{-1}},$$

et supposant I réel ainsi que λ, on trouvera

$$(16)\quad \bar{\eta} = \mathrm{I}\left(\frac{k}{2\pi x}\right)^{\frac{1}{2}} e^{\left(kx - st + \lambda - \frac{\pi}{4}\right)\sqrt{-1}} \int_{y_0}^{y_1} e^{\frac{k(y-\mu)^2\sqrt{-1}}{2x}}\, d\mu;$$

par conséquent,

$$(17)\quad \eta = \mathrm{I}\left(\frac{k}{2\pi x}\right)^{\frac{1}{2}} \int_{y_0}^{y_1} \cos\left[kx + \lambda - st - \frac{\pi}{4} + \frac{k(y-\mu)^2}{2x}\right] d\mu,$$

ou, ce qui revient au même,

$$(18)\quad \eta = \frac{\mathrm{I}}{\pi^{\frac{1}{2}}} \int_{\frac{k^{\frac{1}{2}}(y-y_1)}{\sqrt{2x}}}^{\frac{k^{\frac{1}{2}}(y-y_0)}{\sqrt{2x}}} \cos\left(kx + \lambda - st - \frac{\pi}{4} + \alpha^2\right) d\alpha \quad [*].$$

---

[*] La quantité représentée ici par la lettre I se trouve représentée dans le ma-

» Reprenons maintenant le problème de la diffraction dans toute sa généralité.

» Supposons toujours la lumière interceptée dans le plan des y, z, excepté entre les limites $y=y_0$, $y=y_1$. Mais concevons que, du côté des x négatives, le rayon lumineux soit un rayon quelconque représenté par le système des formules

$$(19)\quad \left\{\begin{array}{l} [*]\ \bar{\xi} = (\bar{\mathrm{B}}w - \bar{\mathrm{C}}v)\, e^{(ux+vy+wz-st)\sqrt{-1}}, \\ \bar{\eta} = (\bar{\mathrm{C}}u - \bar{\mathrm{A}}w)\, e^{(ux+vy+wz-st)\sqrt{-1}}, \\ \bar{\zeta} = (\bar{\mathrm{A}}v - \bar{\mathrm{B}}u)\, e^{(ux+vy+wz-st)\sqrt{-1}}, \\ u^2+v^2+w^2=k^2, \qquad s=\frac{\Omega}{k}, \end{array}\right.$$

dans lesquelles u, v, w représentent des coefficients réels et $\bar{\mathrm{A}}$, $\bar{\mathrm{B}}$, $\bar{\mathrm{C}}$ des coefficients imaginaires. On pourra supposer généralement, du côté des x positives,

$$(20)\quad \left\{\begin{array}{l} [**]\ \bar{\xi} = \frac{\bar{\mathrm{B}}w - \bar{\mathrm{C}}v}{2\pi}\int_{y_0}^{y_1}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha(y-\mu)\sqrt{-1}}\, e^{(wz+v\mu-st)\sqrt{-1}}\, \mathrm{A}\, d\alpha\, d\mu, \\ \bar{\eta} = \frac{\bar{\mathrm{C}}u - \bar{\mathrm{A}}w}{2\pi}\int_{y_0}^{y_1}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha(y-\mu)\sqrt{-1}}\, e^{(wz+v\mu-st)\sqrt{-1}}\, \mathrm{A}\, d\alpha\, d\mu, \\ \bar{\zeta} = \frac{\bar{\mathrm{A}}v - \bar{\mathrm{B}}u}{2\pi}\int_{y_0}^{y_1}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha(y-\mu)\sqrt{-1}}\, e^{(wz+v\mu-st)\sqrt{-1}}\, \mathrm{A}\, d\alpha\, d\mu, \end{array}\right.$$

A désignant une fonction de x et de α qui se réduise à l'unité pour $x=0$,

---

nuscrit par une autre lettre $\mathcal{A}$, ce qui est tout à fait indifférent. D'ailleurs les formules (16) et (17) y sont correctement écrites; mais il n'en est pas de même de la formule (18), où le chiffre 2 a été placé, par inadvertance, hors du radical que renferment les limites de l'intégrale, tandis qu'il doit rester sous ce radical. Au reste cette erreur n'existe ni dans la lettre du 22 avril 1836, ni même dans les formules du Mémoire qui comprennent, comme cas particulier, l'équation (18).

[*] Ces valeurs de ξ, η, ζ sont celles qui représentent un mouvement simple, pour lequel se vérifient les équations (1) et (3).

[**] La forme donnée aux valeurs de $\bar{\xi}$, $\bar{\eta}$, $\bar{\zeta}$ dans les équations (20) est telle que ces valeurs, quand on y pose $\mathrm{A}=1$, s'évanouissent hors des limites $y=y_0$, $y=y_1$, et se réduisent entre ces limites aux valeurs que donnent, pour $x=0$, les équations (19).

qui vérifie la formule

(21) $$D_x^2 \Lambda = -(k^2 - \alpha^2 - w^2)\Lambda,$$

et qui soit telle que les équations (17), (18) coïncident quand on y pose

$$y_0 = -\infty, \quad y_1 = \infty.$$

Ces conditions seront vérifiées si, en posant

$$\Lambda = F(x, \alpha),$$

on prend

$$F(x, v) = e^{ux\sqrt{-1}} = e^{(k^2 - v^2 - w^2)^{\frac{1}{2}} x \sqrt{-1}},$$

et par suite

$$\Lambda = e^{(k^2 - \alpha^2 - w^2)^{\frac{1}{2}} x \sqrt{-1}}.$$

Donc les formules (20) donneront

(22) $$\left\{\begin{array}{l} \bar{\xi} = \dfrac{\bar{B} v - \bar{C} w}{2\pi} \displaystyle\int_{y_0}^{y_1} \int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha(y-\mu)\sqrt{-1}} e^{(v\mu + wz - st)\sqrt{-1}} e^{(k^2 - \alpha^2 - w^2)^{\frac{1}{2}} x \sqrt{-1}} d\alpha \, d\mu, \\ \text{etc...;} \end{array}\right.$$

puis, en ayant égard aux formules (13), et posant d'ailleurs pour abréger

$$k^2 - w^2 = k'^2,$$

on trouvera

(23) $$\left\{\begin{array}{l} \bar{\xi} = \dfrac{\bar{B} w - \bar{C} v}{2\pi} \displaystyle\int_{y_0}^{y_1} \int_{-\infty}^{\infty} e^{(k'x + v\mu + wz - st)\sqrt{-1}} e^{-\left[\frac{\alpha^2 x}{2k'} - \alpha(y-\mu)\right]\sqrt{-1}} d\alpha \, d\mu; \\ \text{etc...} \end{array}\right.$$

» En vertu de la formule (14), les équations précédentes deviendront

(24) $$\left\{\begin{array}{l} \xi = \dfrac{\bar{B} w - \bar{C} v}{2\pi} \left(\dfrac{k'}{2\pi x}\right)^{\frac{1}{2}} e^{\left(k'x + wz - st - \frac{\pi}{4}\right)\sqrt{-1}} \displaystyle\int_{y_0}^{y_1} e^{\left[v\mu + \frac{k'(y-\mu)^2}{2x}\right]\sqrt{-1}} d\mu, \\ \text{etc...,} \end{array}\right.$$

ou, ce qui revient au même,

$$(25)\left\{\begin{array}{l}\bar{\xi} = \dfrac{\bar{\mathrm{B}}w - \bar{\mathrm{C}}v}{\pi^{\frac{1}{2}}} e^{\left(k'x + vy + wz - st - \frac{\pi}{4}\right)\sqrt{-1}} \displaystyle\int_{\frac{k'^{\frac{1}{2}}(y-y_1)}{\sqrt{2x}}}^{\frac{k'^{\frac{1}{2}}(y-y_0)}{\sqrt{2x}}} e^{\left(\alpha^2 - v\alpha\sqrt{\frac{2x}{k'}}\right)\sqrt{-1}} d\alpha, \\ \text{etc.}\end{array}\right.$$

Lorsque, dans les formules (25), on suppose $y_0 = -\infty$, $y_1 = \infty$, elles donnent

$$(26)\left\{\begin{array}{l}\bar{\xi} = \dfrac{\bar{\mathrm{B}}w - \bar{\mathrm{C}}v}{\pi^{\frac{1}{2}}} e^{\left(k' - \frac{v^2}{2k'}\right)x\sqrt{-1}} e^{(vy - wz - st)\sqrt{-1}}, \\ \text{etc.}\end{array}\right.$$

Donc alors les formules (25), coïncident, non pas avec les formules (19), mais avec celles qu'on obtiendrait en remplaçant dans les formules (19)

$$u = (k^2 - v^2 - w^2)^{\frac{1}{2}} = (k'^2 - v^2)^{\frac{1}{2}} = k' - \frac{v^2}{2k'} + \text{etc.}$$

par la somme des deux premiers termes du développement de u suivant les puissances descendantes de k', c'est-à-dire par

$$k' - \frac{v^2}{2k'} \text{ [*]}.$$

On ne doit pas s'en étonner, puisque, pour passer des formules (22) aux formules (23), on a remplacé

$$(k^2 - \alpha^2 - w^2)^{\frac{1}{2}} = (k'^2 - \alpha^2)^{\frac{1}{2}} = k' - \frac{\alpha^2}{2k'} + \text{etc.}$$

par le binôme

$$k' - \frac{\alpha^2}{2k'}.$$

---

[*] Il suit de cette remarque que les équations (23), (24), (25), et par suite la formule (15), doivent être seulement appliquées aux cas où v est très-petit.

» Lorsque $v = 0$, on a rigoureusement

$$u = k' - \frac{v^2}{2k'},$$

et par suite les formules (25) coïncident avec les formules (19).

» Lorsque le rayon incident est polarisé de manière que les vibrations des molécules soient parallèles à la droite qui a pour équation

$$\frac{x}{a} = \frac{y}{b} = \frac{z}{c}, \tag{27}$$

on a

$$\frac{\xi}{a} = \frac{\eta}{b} = \frac{\zeta}{c},$$

et par suite on peut supposer que les valeurs de $\bar{\xi}$, $\bar{\eta}$, $\bar{\zeta}$, données par les formules (19), remplissent la condition

$$\frac{\bar{\xi}}{a} = \frac{\bar{\eta}}{b} = \frac{\bar{\zeta}}{c},$$

ce qui aura lieu, si

$$\frac{\bar{B}w - \bar{C}v}{a} = \frac{\bar{C}u - \bar{A}w}{b} = \frac{\bar{A}v - \bar{B}u}{c}.$$

Mais alors le rayon diffracté sera lui-même polarisé, et les vibrations des molécules seront encore, dans ce rayon, parallèles à la droite (27), comme le prouvent les formules (20).

» Je me propose de développer dans un autre article les conséquences des diverses formules que je viens de transcrire. Je me bornerai aujourd'hui à rappeler celles qui se trouvaient déjà énoncées dans mes lettres du 22 et du 26 avril 1836. Je disais dans ces lettres :

» Considérons, pour fixer les idées, le cas où le corps éclairant est assez éloigné pour que les ondes sphériques qui se propagent autour de ce corps deviennent sensiblement planes. Prenons pour axe des x la direction du rayon lumineux, et pour axe des y une droite parallèle aux vibrations moléculaires de l'éther; nommons η le déplacement d'une molécule mesuré parallèlement à ce dernier axe, I la valeur maximum de η,

$$1 = \frac{2\pi}{k}$$

l'épaisseur d'une onde lumineuse, et

$$T = \frac{2\pi}{s}$$

la durée d'une vibration. Enfin concevons que, dans le plan des y, z, perpendiculaire à l'axe des x, la lumière soit interceptée par un écran du côté des x négatives. Si le rayon lumineux, que nous supposerons dirigé dans le sens des x positives, est un rayon simple, son équation, pour des valeurs négatives de x, sera de la forme

$$\text{(a)} \qquad \eta = I \cos(kx - st + \lambda),$$

λ désignant une quantité constante. Or je trouve que, du côté des x positives, la valeur de η pourra être développée en série, et qu'en réduisant cette série à son premier terme, on aura

$$\text{(b)} \qquad \eta = \left(\frac{1}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} I \int_{-\infty}^{\frac{k^{\frac{1}{2}} y}{\sqrt{2x}}} \cos\left(kx + \lambda - st - \frac{\pi}{4} + \alpha^2\right) d\alpha \text{ [*]}.$$

D'ailleurs, le nombre k étant très-considérable, la valeur de η donnée par la formule (b) sera sensiblement égale à zéro, pour des valeurs finies et négatives de l'ordonnée y, tandis que, pour des valeurs finies et positives de la même ordonnée, la formule (b) coïncidera sensiblement avec la formule (a). Donc la partie de l'espace située au delà du plan de l'écran sera dans l'ombre du côté où l'écran se trouve, c'est-à-dire derrière l'écran, et continuera d'être éclairée du côté opposé, comme si l'écran n'existait pas. On devra seulement excepter les points de l'espace correspondants à de très-petites valeurs de y, et pour lesquels le déplacement dépendra des deux coordonnées x, y, aussi bien que du temps t. Pour ces derniers points, la formule (b) reproduit les lois de la diffraction telles que Fresnel les a données, et l'on peut simplifier l'étude de ces lois en transformant le second membre de l'équation (2) à l'aide des formules que j'ai données dans plusieurs Mémoires.

---

[*] Cette valeur de η est évidemment celle que donne la formule (18), quand on pose $y_0 = 0$, $y_1 = \infty$.

» Si l'écran, par lequel on suppose la lumière interceptée dans le plan des y, z, ne laissait passer les rayons lumineux que dans un intervalle compris entre les limites

$$y = y_0, \quad y = y_1,$$

en sorte que l'observateur, placé du côté des x positives, reçût la lumière par une ouverture dont la largeur fût

$$y_1 - y_0,$$

la formule (b) devrait être remplacée par la suivante :

$$\text{(c)} \qquad y = \left(\frac{1}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \mathrm{I} \int_{\frac{k^{\frac{1}{2}}(y-y_0)}{\sqrt{2x}}}^{\frac{k^{\frac{1}{2}}(y-y_0)}{\sqrt{2x}}} \cos\left(kx + \lambda - st - \frac{\pi}{4} + \alpha^2\right) d\alpha.$$

L'équation (c) [*] elle-même fournit seulement une valeur approchée de η, et se déduit de formules générales et rigoureuses qui représentent le rayon diffracté, quelle que soit la direction du rayon incident, et quelles que soient les directions des vibrations moléculaires dans ce même rayon. Ces formules, en donnant les lois de la diffraction, montrent, par exemple, que si le rayon incident est polarisé dans un certain plan, le rayon diffracté restera toujours polarisé dans ce même plan.

» Cette conséquence particulière des formules (22) et (23) était précisément, comme on l'a vu tout à l'heure, celle que j'avais énoncée à la fin du Mémoire dont je donnais un extrait dans ma lettre du 22 avril 1836. »

« *P. S.* Je m'étais proposé, dans cet article, de reproduire la solution du problème des ombres à laquelle se rapporte ma lettre du 22 avril 1836. Dans un second article, je ferai voir que cette solution est seulement approximative, et, en m'appuyant sur les principes développés dans mes précédents Mémoires, je donnerai du même problème une solution plus rigoureuse, qui me paraît devoir intéresser tout à la fois les physiciens et les géomètres. »

---

[*] L'équation (c) coïncide évidemment avec la formule (18).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Note sur l'état naturel du sucre dans la betterave; par* M. **Payen**.

« Le rôle important que joue le sucre dans la science et ses applications ajoutent de l'intérêt aux moindres travaux qui s'y rattachent; ce motif m'engage à rappeler que j'ai aussi, et il y a longtemps, fait des efforts pour apporter mon faible tribut à la solution des problèmes relatifs à ce principe immédiat.

» En 1825 j'ai publié un travail entrepris dans la vue de perfectionner la culture des betteraves et l'extraction du sucre qu'elles renferment.

» Mon Mémoire fut lu à la Société Philomatique et imprimé dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* (1); il contient la phrase suivante, qui exprime une opinion appuyée sur des faits plusieurs fois reproduits dans le cours de la rédaction, et que personne, je le crois du moins, n'avait encore émise.

« En suivant avec le plus grand soin les procédés que j'ai décrits, on » réduit à une si petite quantité le sucre incristallisable, qu'il est probable » que ce sucre ne préexiste pas dans la betterave, mais qu'il est le ré- » sultat d'une altération du sucre cristallisable. »

» Parmi les notions déduites des analyses comparées contenues dans ce Mémoire, on trouve que les différentes variétés de betteraves cultivées dans le même terrain, et que j'ai présentées dans l'ordre de leur plus grande richesse saccharine, depuis la blanche jusqu'à la disette, ont donné de 9 à 4 pour 100 de sucre cristallisé.

» Alors on obtenait en grand à peine la moitié du sucre cristallisable; tous les efforts de nos habiles manufacturiers se sont dirigés vers les moyens d'approcher des limites assignées par l'analyse, et sur lesquelles des observations chimiques et optiques plus exactes ont donné depuis des indications plus précises.

» J'ai communiqué cette Note à M. Pelouze, qui a reconnu l'exactitude des faits qu'elle énonce. Il a ajouté que sa dernière communication avait uniquement pour but d'indiquer un moyen nouveau infiniment plus sensible que tous les autres pour constater, dans un liquide sucré, l'absence de tout autre sucre que celui de canne.

» Je suis le premier à reconnaître que son assertion est fondée, en sorte qu'en définitive, la question n'avait pas encore été *complétement* résolue jusqu'à ce jour. »

---

(1) Tome XXIV, page 260.

CHIMIE OPTIQUE. — *Sur l'emploi des propriétés optiques pour l'analyse quantitative des solutions qui contiennent des substances douées du pouvoir rotatoire; par* M. **Biot**.

« Il se présente en chimie, surtout dans la chimie organique, une infinité de cas où l'on sait qu'une certaine substance existe en proportion inconnue dans une solution liquide, sans qu'on puisse l'isoler pour en mesurer la quantité, soit parce que les matières qui lui sont actuellement associées ne s'en séparent pas dans les précipitations, soit parce qu'elle-même s'altère sous l'influence des opérations qui l'isoleraient. Dans des cas pareils, lorsque la substance cherchée possède les propriétés rotatoires, si les autres éléments de la solution lui sont seulement mélangés, elle porte parmi eux son pouvoir moléculaire inaltéré. Donc, si l'on a pu mesurer antérieurement l'énergie de ce pouvoir, dans une solution dosée, où la substance considérée se trouvait seule active et entrait pour une proportion pondérale connue, l'intensité de la déviation qu'elle produit à travers une épaisseur donnée du mélange complexe montrera en quelle quantité absolue elle y existe. De sorte que, pour la conclure, il suffira de déterminer cette déviation par l'observation immédiate si la substance considérée est seule active dans le mélange, ou en démêlant sa part propre dans la résultante totale des actions analogues que les autres éléments du système exerceraient.

» Ce procédé, appliqué aux solutions de sucre de canne cristallisable, m'a conduit à une formule très-simple qui donne le poids absolu de ce sucre, existante dans une solution aqueuse où l'on a observé et mesuré la grandeur de la déviation qu'il exerce; soit qu'il s'y trouve seul ou mêlé à d'autres matières sucrées, dont l'action rotatoire propre se distingue de la sienne par sa persistance sous l'influence des acides froids, tandis que celle qu'il exerce s'intervertit par cette influence suivant un rapport d'intensité fixe pour chaque acide. L'expérience m'a prouvé que ce mode d'évaluation peut être presque aussi exact que la balance même. Car, en l'appliquant à des solutions dosées, faites en différents temps, avec des échantillons divers de sucre de canne en cristaux, les plus purs qu'il m'ait été possible de me procurer, les proportions pondérales conclues des déviations n'ont différé des pesées que dans les millièmes, comme on le verra par les exemples que je rapporterai. Or on ne pourrait répondre de l'identité des échantillons jusqu'à de telles limites, qu'en les purifiant par des procédés chimiques qu'il n'était pas en mon pouvoir d'employer, si même un pareil

degré de rigueur est accessible pour une substance de cette nature.

» J'ai pu encore obtenir une formule analogue pour le sucre de diabète, dont la chimie a constaté l'identité de composition dans les urines des malades, et qui est le seul élément de cette sécrétion auquel, jusqu'à présent, on ait reconnu un pouvoir rotatoire appréciable. J'avais depuis longtemps communiqué ces méthodes d'évaluation à diverses personnes, mais je n'en avais pas publié la démonstration théorique. Quoiqu'elle dérive très-évidemment des lois générales qui régissent ce genre de phénomènes, leur emploi est encore trop peu pratiqué pour qu'il n'y ait pas quelque utilité à faire voir comment elle s'en déduit.

» Je prends d'abord le cas simple où la substance considérée, que je désignerai par S, est dissoute dans un milieu sans pouvoir rotatoire propre, et dont les éléments homogènes ou hétérogènes n'exercent pas sur elle une action chimique par laquelle le sien soit temporairement ou définitivement modifié. Pour savoir si cette seconde condition est remplie, il n'y a qu'à varier arbitrairement les doses relatives du milieu dissolvant et de la substance S, depuis les plus petites jusqu'aux plus grandes où le système puisse conserver l'état liquide à la température actuelle; puis observer les déviations qu'il exerce dans ces états divers à travers une même épaisseur, et voir si elles sont constamment proportionnelles à la proportion pondérale de la substance S que la solution contient. Si, par exemple, on applique cette épreuve à l'acide tartrique dissous dans l'eau, l'alcool, l'esprit de bois, à une température ambiante constante, on trouvera que, pour une même masse de cet acide, et une même nature du liquide dissolvant, la déviation exercée change avec la proportion pondérale de ce liquide. Et elle change ainsi suivant des lois fixes, non pas seulement dans sa grandeur absolue, mais dans les rapports, même dans le sens, des dispersions que le système imprime aux plans de polarisation des rayons d'inégale réfrangibilité. Ici l'on ne peut plus admettre que les matières en présence sont simplement mélangées, puisqu'elles réagissent visiblement les unes sur les autres, suivant un mode variable, dépendant de leurs proportions relatives. Un résultat analogue s'opère plus ou moins évidemment pour toutes les combinaisons solubles de l'acide tartrique avec d'autres corps. Mais ce singulier acide est la seule substance connue qui présente une diversité d'états si mobile, ou qui manifeste d'une manière si sensible les moindres changements des actions qu'il éprouve ou qu'il exerce. En étudiant les solutions aqueuses de sucre de canne cristallisable, aux limites de leurs proportions les plus distantes où elles puissent exister à l'état liquide, j'ai cru y

entrevoir quelques indices de variations analogues dans le pouvoir moléculaire de cette substance; mais ils m'ont toujours paru si excessivement faibles, que je n'oserais répondre de leur réalité. Je n'en ai pas aperçu de plus sensibles dans les solutions aqueuses des autres matières sucrées; et, en particulier, pour le sucre de canne, lorsqu'il est temporairement décristallisé, et aussi partiellement changé dans sa constitution moléculaire, par la fusion, à l'aide de la chaleur et d'une très-petite dose d'acide acétique, le pouvoir rotatoire du système mixte, mesuré à l'état solide, m'a paru exactement égal à celui de ce même système dissous dans l'eau. Je pourrai donc légitimement, dans ce qui va suivre, considérer les matières sucrées comme étant à l'état de simples mélanges dans leurs solutions purement aqueuses, du moins sous le rapport de leurs propriétés optiques; et les formules que je vais préparer pour elles s'appliqueront à toutes les solutions liquides où les substances douées du pouvoir rotatoire se trouveront dans le même cas.

» Je considère donc un tel milieu, dans lequel la substance S soit seule douée du pouvoir rotatoire, et entre pour la proportion ε dans chaque unité de poids. Soient δ la densité du milieu, prise comparativement à l'eau distillée, et α la déviation du plan de polarisation primitif, observée immédiatement à travers un tube ayant pour longueur l. Afin d'embrasser tous les cas possibles que l'expérience peut présenter, je ne supposerai pas la solution incolore. J'admettrai seulement que, quelle que soit sa couleur, la déviation α de l'image extraordinaire a été mesurée pour un certain rayon simple que l'on a pris pour type, et dont la déviation propre a pu être discernée par quelque artifice physique, ou par quelque caractère théorique, qui signale son absence dans les teintes complexes observées immédiatement. Je dirai tout à l'heure en quoi consistent ces indices de spécification : ici je les suppose obtenus. Pour les rendre toujours comparables, je nomme m le facteur numérique par lequel il faudrait multiplier la déviation α, afin de la ramener à celle que l'on observerait à travers un verre rouge qui ne transmettrait qu'une seule espèce de rayons de cette couleur, en sorte que cette dernière déviation aurait pour valeur $m\alpha$. Alors, si l'on désigne par $[\alpha]$ l'élément constant pour chaque substance, que j'ai appelé son *pouvoir rotatoire moléculaire*, celui de la substance S, évalué conformément aux lois générales de ce phénomène, sera

$$(1) \qquad [\alpha] = \frac{m\alpha}{l\varepsilon\delta}.$$

$[\alpha]$ exprime la déviation que la substance S imprimerait au rayon rouge pris pour type général, si elle agissait sur lui à l'état d'isolement, à travers une épaisseur égale à l'unité de longueur, et avec un tel écartement de ses particules constituantes, que la densité de leur ensemble fût idéalement égale à 1. Par la nature du phénomène, la valeur de $[\alpha]$, ainsi calculée, est une quantité qui reste constante pour chaque substance, dans tous les états d'agrégation ou de désagrégation où les groupes moléculaires qui la constituent peuvent être placés, sans éprouver de changement dans leur action individuelle pour dévier les plans de polarisation des rayons lumineux (*).

» Concevons maintenant que, par une ou plusieurs expériences antérieures, faites sur des solutions exactement dosées, où la même substance S entrait seule active, on ait déterminé la valeur numérique de son pouvoir rotatoire $[\alpha]$, relativement à ce même rayon rouge que nous prenons ici comme type général. Alors, dans l'équation (1) que nous venons de former avec les données de la nouvelle expérience prise pour exemple, $[\alpha]$ sera un nombre connu. Ainsi on en pourra déduire

$$(2) \qquad \varepsilon\delta = \frac{m\alpha}{[\alpha]l}.$$

C'est l'expression qui va nous servir

» Pour en voir l'usage, il faut considérer que, dans cette nouvelle expérience, on connaît toujours l, c'est-à-dire la longueur du tube dans lequel l'observation est faite. Cette observation même détermine la déviation actuelle α; et, de plus, on peut, comme je le montrerai tout à l'heure, effectuer cette mesure sur certaines teintes spéciales de l'image extraordinaire, pour lesquelles la valeur numérique du coefficient m sera fixée d'avance par une expérience très-simple, qui, une fois faite, n'aura jamais besoin d'être répétée. On peut enfin mesurer aussi la densité δ de la solution qu'on observe. Mais, sans employer, pour le moment, cette dernière donnée, on voit que le second membre de l'équation (2) sera entièrement connu par les autres éléments observables que nous venons de spécifier. Il donnera donc la valeur du premier membre $\varepsilon\delta$, qui lui est égal. Il ne s'agit plus que d'examiner ce que ce produit représente dans son application physique.

(*) La démonstration de ce résultat fondamental a été établie, à diverses reprises et sous diverses formes, dans les *Mémoires de l'Académie*. (Voyez en particulier t. XIII, p. 116, t. XV, p. 100; t. XVI, p. 241 et suivantes.)

» Pour cela, il faut se rappeler que ε exprime la proportion inconnue pour laquelle la substance S entre dans chaque unité de poids de la solution considérée. Admettons, comme je le ferai toujours, que les densités δ sont prises comparativement à l'eau distillée, à la température du maximum de condensation, où chaque centimètre cube de ce liquide pèse 1 gramme; soit que les pesées spécifiques aient été réellement faites à cette température, soit qu'ayant été faites à tout autre degré du thermomètre, on les ait ramenées à celle-là par des corrections de dilatation, si on ne les juge pas négligeables. Dans ce mode d'évaluation, δ représentera le poids en grammes de 1 centimètre cube de la solution; et conséquemment le produit $\varepsilon\delta$ exprimera le nombre de grammes de la substance S qui est contenu dans ce volume. On connaîtra ainsi ce nombre par l'équation (2), d'après la déviation observée α; et, en le multipliant par 1000, on aura le poids de la substance S qui est contenu dans chaque litre, sans avoir besoin de l'isoler. Si l'on divise la valeur de $\varepsilon\delta$ par la densité δ, déterminée expérimentalement, on aura ε, c'est-à-dire la proportion de la substance S qui est contenue dans chaque unité de poids de la solution.

» Je vais appliquer ce mode d'évaluation à des expériences réelles qui montreront le degré d'exactitude qu'on en peut espérer. Mais, au préalable, il faut que j'explique comment, dans ces expériences de recherche, les déviations α ont pu être observées relativement à une espèce définie de rayons sensiblement homogènes, et comment on a pu les réduire à un certain type de rayons rouges simples, ou les observer immédiatement sur ce type même.

» Dans tous les liquides *incolores*, excepté ceux qui contiennent en solution l'acide tartrique, libre ou combiné, les plans de polarisation des rayons inégalement réfrangibles éprouvent des déviations dont les grandeurs ont toujours à très-peu près entre elles les mêmes rapports. Cette analogie de pouvoir dispersif est si grande, qu'il faut employer des procédés très-délicats d'opposition et de superposition des images déviées, pour constater qu'elle n'est pas une égalité rigoureuse. Dans tous les cas pareils, lorsqu'on tourne le prisme analyseur autour du rayon transmis, du côté où les déviations s'opèrent, on arrive toujours à un écart angulaire auquel l'image extraordinaire prend une couleur bleue de plus en plus foncée, qui se change presque immédiatement en rouge jaunâtre, ces deux nuances contrastées étant séparées seulement l'une de l'autre par un bleu violacé ou violet bleuâtre, tout à fait analogue à celui de la fleur du lin. D'après la loi suivant laquelle les plans de polarisation des divers rayons

simples se trouvent dispersés dans ces phénomènes pour les cas que nous considérons ici, j'ai pu autrefois calculer la composition de cette teinte de passage, et j'ai trouvé : 1° que sa déviation coïncide presque rigoureusement avec celle des rayons jaunes simples ; 2° que l'image extraordinaire, lorsqu'elle passe par cette teinte, se trouve dans son minimum d'intensité absolu. Le premier de ces résultats montre que les déviations qui y correspondent sont comparables entre elles, comme si elles appartenaient à un rayon simple ; la seconde particularité donne le moyen de déterminer cette déviation comparable, même lorsque l'intensité de l'image extraordinaire y devient si faible qu'on ne peut plus discerner sa teinte, ou qu'elle devient totalement imperceptible à la sensation.

» Un autre mode d'observation, qui serait moins commode que le précédent pour des expériences courantes, mais qu'on peut toujours employer pour des expériences de recherche, consiste à observer les déviations α à travers certains verres rouges qui, interposés dans le trajet d'un faisceau blanc d'une intensité médiocre, transmettent seulement des rayons rouges d'une réfrangibilité si peu différente, que l'œil n'y distingue aucune diversité de nuances perceptible à l'observation directe. Pour ne pas interrompre les raisonnements, j'explique ici en note la manière de reconnaître expérimentalement les verres qui ont cette propriété [*]. Celui dont j'ai fait habituellement usage depuis l'origine de mes recherches m'a été donné par Fresnel. Le rouge qu'il transmet m'a paru à peu près répondre à la raie C de Frauenhoffer. C'est ce même rouge que j'ai pris pour type dans toutes les expressions que j'ai données des pouvoirs rotatoires. J'ai trouvé, par de nombreuses expériences, que, dans les solutions incolores de sucre de canne cristallisable, et, en général, dans toutes celles où il n'entre pas d'acide tartrique, la déviation de ce rouge est très-approximativement les $\frac{23}{30}$ de celle que subit la teinte violet-bleuâtre à égale épaisseur ; de sorte qu'en le prenant pour type, le coefficient numérique m, propre à cette seconde teinte dans notre formule (2), sera $\frac{23}{30}$. C'est aussi la valeur que je lui ai attribuée habituellement. Mais chaque observateur pourra, de même, par des expé-

---

[*] Les verres qui produisent cet effet sont, à ce que je crois, colorés en rouge par le protoxyde de cuivre. Plus ils sont épais, plus les rayons qu'ils transmettent se simplifient et se rapprochent du rouge extrême du spectre. Mais comme la proportion de ces rayons dans la lumière incidente diminue à mesure qu'ils s'épurent, on arrive bientôt à un terme où l'emploi de verres trop épais serait incommode dans les expériences auxquelles nous

riences pareilles, déterminer celle qui convient à l'échantillon particulier de verre rouge dont il voudra faire usage; et, en le rapportant ainsi, par ses effets, à la teinte bleue violacée dont la composition est invariablement fixée par la nature du phénomène, les déviations exprimées pour cette dernière teinte deviendront exactement comparables, quel que soit le verre rouge dont chaque observateur se sera servi.

» Je vais maintenant appliquer la formule (2) à deux expériences dans l'une desquelles les déviations ont été observées comparativement, par les deux procédés que je viens d'expliquer. Toutes deux ont été faites sur des échantillons de sucre de canne candi, choisis comme très-purs, qui ont été dissous à froid, dans l'eau distillée, en proportions pondérales très-dissemblables, déterminées par la balance avec beaucoup de soin. En voici tous les éléments :

Tableau A.

DATE DE L'EXPÉRIENCE et désignation de l'échantillon employé.	SA PROPORTION pondérale dans l'unité de poids de la solution. ε	DENSITÉ de la solution, celle de l'eau distillée étant prise pour unité. δ	LONGUEUR du tube d'observation en millimètr. l	DÉVIATION de la teinte de passage bleue violacée, observée à l'œil nu. α	DÉVIATION observée à travers le verre rouge. $m\alpha$	RAPPORT de la seconde déviation à la première. m
1837, mai 27. — Sucre candi en cristaux, séché à l'air depuis un an dans un vase de verre couvert par un papier.	0,571481	1,268886	145,56	$+75°$	$+57°2167$	$\frac{22,887}{30}$
1840, mars 21. — Sucre candi pur, séché à l'étuve à 50°: solution dosée par MM. Soubeiran et Capitaine.	0,257272	1,1106	523,25	107,5	82,42	$\frac{23}{30}$

» La première solution a été observée dans un tube de verre dont la longueur avait été mesurée avec un compas curseur de M. Gambey qui accuse les

supposons ici appliqués, parce qu'ils affaibliraient trop l'intensité des images transmises, surtout dans le cas habituel où la lumière incidente est celle des nuées, déjà affaiblie par réflexion qui la polarise. Pour choisir l'ordre d'épaisseur auquel il convient de s'arrêter, il faut, dans l'obscurité, réfracter par un prisme très-dispersif la lumière d'une bougie ou d'une lampe placée à quelques mètres de distance, dans une chambre différente de celle où se trouve l'observateur, de manière que l'œil appliqué contre la face d'émer-

vingtièmes de millimètre au moyen d'un vernier. La seconde l'a été dans un tube de cuivre dont le tuyau intérieur avait été mesuré avec ce même instrument, et l'écart du bouchon variable par l'apposition d'une division en millimètres dont les fractions se déterminaient à vue. Pour cette seconde solution, l'état excessivement inconstant du ciel faisait varier les limites de visibilité à travers le verre rouge d'une manière trop capricieuse, pour qu'on ait pu observer ainsi la déviation avec une suffisante certitude. C'est pourquoi on l'a conclue de la déviation observée à l'œil nu, en multipliant celle-ci par $\frac{23}{30}$, ayant trouvé, comme je l'ai dit plus haut, par un grand nombre d'expériences, que c'était là le rapport moyen de ces deux déviations pour le verre rouge dont je fais usage, toutes les fois que les solutions sont incolores et ne contiennent pas cette substance exceptionnelle, l'acide tartrique. On peut remarquer, dans notre tableau, que la première solution de sucre, où les deux déviations ont pu être mesurées, donne en effet, pour leur rapport, une valeur très-peu différente de la moyenne $\frac{23}{30}$ que j'ai appliquée à la seconde solution. Cette discussion des éléments numériques qui vont nous servir de type était nécessaire pour en suivre comme pour en justifier l'emploi.

» Je vais d'abord les soumettre à une épreuve qui devra montrer leur accord ou leur discordance. A cet effet je distingue les éléments de la première expérience, et ceux de la seconde, en appliquant aux lettres qui les expriment un ou deux accents. Puis, partant de la condition que le pouvoir moléculaire $[\alpha]$ doit résulter le même de l'une et de l'autre si

---

gence du prisme voie l'image dispersée de la flamme sans être frappé par sa lumière directe. Alors on place au-devant de l'œil les verres que l'on veut essayer, et l'on choisit ceux qui ne laissent passer qu'une image sensiblement rouge, sans adjonction notable d'autres couleurs. Ce rouge n'est pas sans doute rigoureusement simple ; mais l'amplitude des réfrangibilités qu'il embrasse est assez restreinte pour qu'il ne soit que peu dispersé dans les expériences de déviation, lorsqu'on n'étend pas celles-ci à de trop grands arcs. Alors on complète l'exactitude, et l'on rend les déviations tout à fait comparables, en les mesurant dans l'azimut où l'image extraordinaire, toujours sensiblement rouge pour l'œil, atteint son minimum d'intensité. Lorsqu'elle y devient si faible qu'elle cesse d'être perceptible dans une petite amplitude d'arc, ce qui arrive d'ordinaire, on détermine encore l'azimut de ce minimum invisible en prenant la moyenne des positions du prisme analyseur, qui répondent à la disparition, puis à la réapparition ultérieure de l'image. Cela doit se faire par plusieurs couples d'observations successives, tant pour atténuer leurs erreurs individuelles que pour compenser les variations qui peuvent survenir dans les limites de visibilité, par les changements accidentels de l'éclat de l'atmosphère pendant chaque couple d'observations.

elles sont exactes, j'égale entre elles les deux expressions de ce pouvoir, conclues ainsi par l'équation (1), ce qui donne

$$\frac{m''\alpha''}{l''\varepsilon''\delta''} = \frac{m'\alpha'}{l'\varepsilon'\delta'}; \quad \text{par conséquent} \quad \varepsilon''\delta'' = \varepsilon'\delta' \cdot \frac{m''\alpha''l'}{m'\alpha'l''}.$$

Pour rendre la comparaison plus rigoureuse, je l'établis entre les déviations observées de la même manière, soit à l'œil nu, soit à travers le verre rouge, qui a été identique dans les deux expériences. Alors, pour le premier mode, les coefficients m', m'' ont tous deux une valeur égale, qui est $\frac{43}{30}$. Dans le second ils ont encore une même valeur, qui est 1. Il en résulte donc toujours

$$(3) \quad \varepsilon''\delta'' = \varepsilon'\delta'\frac{\alpha''l'}{\alpha'l''}; \quad \text{conséquemment} \quad \frac{\varepsilon''\delta''l''}{\alpha''} = \frac{\varepsilon'\delta'l'}{\alpha'} \quad (4),$$

pourvu que les déviations α', α'' soient celles qui ont été observées de la même manière dans les deux cas.

» La vérification projetée est maintenant bien facile à faire sur l'équation (4), puisque l'égalité qu'elle exige s'établit entre des quantités qui dépendent uniquement de l'une ou de l'autre solution. Si l'on fait, en général,

$$C = \varepsilon\delta\frac{l}{\alpha},$$

la fonction C devra avoir une même valeur numérique, quelle que soit celle des deux solutions par laquelle on la calcule, sauf les erreurs que les observations peuvent comporter.

» Prenant donc les déviations analogues rapportées pour chacune des deux expériences dans notre tableau A, je calcule séparément les valeurs de la fonction C qui s'en déduisent, et j'obtiens les résultats contenus dans le tableau qui suit.

TABLEAU B.

	DÉVIATION du violet bleuâtre.	DÉVIATION à travers le verre rouge.
	Valeur de C.	Valeur de C.
1837. — 1re solution............	1,40678	1,84356
1840. — 2e solution............	1,39076	1,81396
Valeurs moyennes............	1,39877	1,82876

» Le peu de différence des valeurs de C relatives à chaque espèce de déviation, montre déjà que les deux expériences s'accordent entre elles d'une manière satisfaisante. Mais, pour apprécier l'importance de l'écart que présentent ces valeurs, je vais en reporter l'influence totale sur la seconde solution. A cet effet, je vais calculer son dosage d'après les déviations qu'on y a observées, en partant de la valeur de C obtenue par la première : ce dosage se conclura de la formule (4), qui donne

$$(5)\qquad \varepsilon''\delta'' = \frac{C\alpha''}{l''};\qquad \text{d'où}\qquad \varepsilon'' = \frac{C\alpha''}{l''\delta''}.$$

Prenant donc les valeurs de l'', δ'' relatives à la seconde solution, et associant chacune d'elles aux valeurs des deux déviations qui leur appartiennent, on trouve pour ε'' les valeurs suivantes :

Par la déviation à l'œil nu.......................... $\varepsilon'' = 0,26023$
Par la déviation à travers le verre rouge.................. $\varepsilon'' = 0,26153$
Dosage mesuré par la balance, selon MM. Soubeiran et Capitaine. $\varepsilon'' = 0,25727$

» Ainsi, en considérant les proportions pondérales et la densité, déterminées par MM. Soubeiran et Capitaine, comme absolument rigoureuses, le dosage de la seconde solution, calculé d'après la première au moyen des déviations observées, ne serait en erreur que de $\frac{3}{1000}$ ou $\frac{4}{1000}$ au plus. On peut donc légitimement adopter la moyenne des deux expériences, comme devant offrir une plus grande probabilité d'exactitude que n'en donnerait une des deux seule. Alors, la quantité de sucre de canne cristallisable contenue dans une solution quelconque, dosée ou non dosée, colorée ou incolore, s'obtiendra numériquement, soit en grammes, soit en proportion pondérale, d'après la seule observation optique de la déviation que cette substance y exerce. La formule de ce résultat sera comme il suit :

Tableau C.

		PAR LA DÉVIATION de l'image extraordinaire violet bleuâtre, dans les solutions incolores.	PAR LA DÉVIATION de l'image extraordinaire observée dans son minimum d'intensité à travers un verre rouge pareil à celui du tableau A.
		grammes.	grammes.
Poids absolu du sucre de canne cristallisable contenu dans un litre de la solution.	$\varepsilon\delta$	$1399\,\frac{\alpha}{l}$	$1829\,\frac{\alpha}{l}$
Proportion de ce même sucre, dans chaque unité de poids de la solution.	ε	$1,399\,\frac{\alpha}{l\delta}$	$1,829\,\frac{\alpha}{l\delta}$

» δ est la densité de la solution prise comparativement à l'eau distillée; l la longueur du tube d'observation en millimètres; α la déviation observée à travers l'épaisseur l, et exprimée en degrés. On voit que la densité n'est nécessaire à connaître que pour obtenir la proportion pondérale.

» Pour rendre sensible l'usage de cette formule, je choisirai trois exemples qui montreront l'étendue des applications qu'elle embrasse. On donne trois solutions, A, B, C, que l'on sait ne contenir que du sucre de canne cristallisable, mêlé à d'autres substances dénuées de pouvoir rotatoire. On a pris leurs densités, et mesuré les déviations qu'elles exercent sur la lumière polarisée à travers une épaisseur de 160^{mm}, en les observant avec un verre rouge, identique à celui du tableau A. Ces déterminations réunies ont donné les résultats suivants :

TABLEAU D.

	LONGUEUR du tube d'observation en millimètres.	DENSITÉS prises comparativement à l'eau distillée.	DÉVIATION observée à travers le verre rouge.
Solution A........	160	1,004	+ 0°888
Solution B........	160	1,040	9,196
Solution C........	160	1,311	75,394

» On demande les proportions pondérales de sucre de canne cristallisable contenues dans ces trois liqueurs.

» Les déviations α ayant été mesurées à travers le verre rouge, il faut former la quantité $\frac{\alpha}{l\delta}$ pour chacun des trois liquides, et les multiplier par le coefficient 1829, pris dans la dernière colonne du tableau C. Le produit sera ε; on trouve ainsi :

Proportion pondérale de sucre cristallisable dans la solution A... $\varepsilon = 0,01105$
dans la solution B... $\varepsilon = 0,10110$
dans la solution C... $\varepsilon = 0,65709$

» Maintenant, pour savoir si ces nombres s'accordent avec des dosages réels, et jusqu'à quel point ils y sont conformes, il n'y a qu'à ouvrir le tome XIII des *Mémoires de l'Académie*. On y trouvera, à la page 125, un

tableau numérique que j'avais dressé alors, en interpolant les résultats optiques de trois solutions de sucre de canne candi dans l'eau distillée, dont les observations se trouvent rapportées en original à la page 118. Or les déviations α, et les densités δ que je viens d'attribuer aux trois solutions A, B, C, sont précisément celles qui sont consignées à la première, à la dixième et à la dernière ligne du tableau dont il s'agit, où la longueur du tube d'observation est supposée aussi constamment égale à 160^{mm}; et les proportions pondérales se trouvent écrites sur les mêmes lignes dans la première colonne, avec deux décimales seulement. On y voit ainsi, pour la solution A, 0,01 ; pour B, 0,10; pour C, 0,65; ce qui ne diffère des résultats de notre calcul actuel que dans l'ordre des décimales négligées en construisant la table numérique. Cet accord fournit une confirmation d'autant plus évidente, qu'elle dérive de résultats depuis longtemps publiés, qui ne sont entrés pour rien dans la composition de notre formule actuelle. Je suis toutefois porté à considérer cette dernière comme étant préférable aux évaluations de l'ancienne table, parce que les déviations qui en sont un des éléments ont été obtenues avec une plus grande pratique de ce genre d'observations, et ont été combinées avec une étude plus approfondie de la théorie du phénomène. La nouvelle formule est aussi d'une application plus générale, en ce qu'elle n'est pas restreinte aux solutions faites dans l'eau distillée pure, mais s'applique à tous les liquides quelconques dépourvus de pouvoir rotatoire propre, dans lesquels le sucre de canne cristallisable peut être dissous sans être chimiquement modifié.

» On peut même l'étendre aux cas où le dissolvant contiendrait aussi d'autres substances douées d'un pouvoir rotatoire propre, pourvu que l'on puisse distinguer et apprécier dans la résultante totale qu'on observe la portion qui est produite par le sucre cristallisable seul. Car, dans un mélange complexe ainsi composé, les déviations opérées isolément par chaque principe se combinent seulement par addition quand ils sont de même sens, et par soustraction quand ils sont de sens contraire : de sorte que la proportion de chacun d'eux s'obtient par le coefficient constant qui lui est propre, quand on connaît la portion de la déviation totale qu'il produit. Je présenterai prochainement l'application de cette méthode à la recherche des proportions de sucre de canne cristallisable contenues dans les liquides soit naturels, soit artificiels, où il se trouverait mélangé avec toutes les matières sucrées de nature différente, dont les caractères ont pu être isolément étudiés.

» Maintenant, les résultats qui précèdent étant admis, comment un

autre observateur pourra-t-il les adapter à son usage, et les combiner avec ses observations propres, pour trouver les proportions de sucre de canne cristallisable contenues dans les solutions simples ou complexes, colorées ou incolores, qu'il voudra examiner optiquement? On va voir que rien n'est plus facile.

» D'abord, pour les solutions incolores, la première colonne du tableau C est immédiatement applicable, puisque la déviation de la teinte violet bleuâtre, qui est la donnée de la formule, peut y être directement observée. Il ne peut donc y avoir de difficulté que pour les solutions colorées, où la déviation se mesure par l'intermédiaire d'un verre dont la teinte propre peut ne pas être identique avec celle qui est employée dans la formule.

» Parmi les différentes espèces de verre colorés artificiellement, ceux qui le sont en rouge par le protoxyde de cuivre sont, jusqu'à présent, les seuls connus qui, avec une petite épaisseur, transmettent une teinte presque homogène lorsqu'on les interpose dans le trajet d'un faisceau blanc, polarisé, d'une intensité médiocre, tel que celui auquel l'œil s'applique dans les expériences de déviation. Néanmoins on trouve aussi des verres verts, colorés, je crois, par le chrome, et d'autres orangés, dont j'ignore la composition, qui, employés à des épaisseurs un peu plus fortes, dans les circonstances que je viens de spécifier, éteignent aussi presque entièrement les rayons dont la réfrangibilité s'éloigne le plus de leur teinte dominante; de sorte que, si on les interpose dans le trajet d'un faisceau blanc très-dispersé, comme je l'ai expliqué pour l'analyse des verres rouges, dans la note des pages 624, 625 et 626, ils réduisent le spectre transmis à une étendue très-restreinte, répartie de part et d'autre de leur teinte propre, qui en forme la portion la plus abondante en lumière. Quand on emploie de pareils verres dans les expériences de déviation, on s'aperçoit bien que la teinte extraordinaire qu'ils transmettent est hétérogène, puisqu'elle change d'une manière perceptible pour l'œil en variant la position du prisme analyseur. Mais, si les déviations que l'on observe n'excèdent pas en moyenne 60 à 70 degrés, et il n'y a aucune utilité à les rendre plus grandes, le changement n'est sensible qu'autour, et à peu de distance, d'un minimum d'intensité bien marqué, où l'image extraordinaire devient même tout à fait imperceptible pour des déviations moins fortes que je ne viens de l'indiquer. Ce minimum doit donc alors répondre exactement, ou presque exactement, à la déviation des rayons simples qui forment la teinte dominante du verre ainsi employé. Or l'observation en est presque aussi facile

sur les solutions colorées que sur les incolores, surtout quand la teinte dominante du verre se rapproche de la leur, ce qui affaiblit d'autant moins la lumière transmise. Cette analogie est habituellement très-aisée à obtenir pour les solutions de matières organiques, quand on se sert d'un verre orangé. Car il suffit presque toujours de varier leur degré de dilution ou leur épaisseur, pour les faire passer par le jaune et par l'orangé avant d'arriver au rouge.

» Or, de ces déviations on peut conclure celle que la même solution imprimerait à la teinte bleue violacée à travers la même épaisseur, si elle était naturellement incolore, ou décolorée artificiellement. Car le rapport de dispersion des divers rayons simples reste le même dans ces deux circonstances, comme je l'ai depuis longtemps établi. Il ne reste donc qu'à découvrir et fixer sa valeur relativement au verre coloré dont on fait usage. Pour cela, prenez une solution aqueuse de sucre de canne cristallisé qui soit incolore et bien limpide. Vous n'avez pas besoin de connaître son dosage, ni sa densité, ni même la longueur du tube à travers lequel vous l'observerez. Il faut seulement combiner ces diverses particularités de manière que la déviation imprimée à la teinte violet bleuâtre soit d'environ 60 à 70 degrés, sans beaucoup excéder cette dernière limite, pour que les plans de polarisation des divers rayons simples ne soient pas trop fortement dispersés. Mesurez alors avec beaucoup de soin la valeur de cette déviation, que je désignerai par Σ. Puis, prenez le verre coloré, rouge, orangé ou vert, dont vous voulez habituellement vous servir, et dont l'appropriation aura été préalablement constatée par l'analyse prismatique, comme je l'ai dit plus haut. Mesurez de même avec un égal soin la déviation V de l'image extraordinaire dans son minimum d'intensité à travers ce verre, pour votre solution incolore. Vous le ferez directement si cette image y est perceptible, ou par une évaluation moyenne entre ses limites de disparition et de réapparition, si elle est évanouissante. Cette expérience une fois faite, la valeur relative de votre verre sera la même pour toutes les solutions colorées ou incolores dont l'acide tartrique ne sera pas un des éléments. Ainsi, quand vous y aurez observé une déviation v, relative au minimum d'intensité de l'image extraordinaire, à travers le même verre, la déviation correspondante de la teinte bleue violacée sera

$$S = \frac{\Sigma}{V} v,$$

de sorte que vous l'obtiendrez par cette simple proportionnalité comme vous l'auriez obtenue par l'observation si la solution eût été incolore. La

déviation S étant ainsi connue pour la teinte violet bleuâtre, dans la solution quelconque que vous étudiez, vous pourrez l'employer comme élément de dosage, de même que si vous l'aviez observée effectivement. Par exemple, si la substance active est du sucre de canne cristallisable, on pourra l'introduire dans la formule quantitative propre à cette espèce de teinte; et en remplaçant le coefficient 1399 du tableau C par le nombre plus simple 1400, qui s'en rapproche autant qu'il est nécessaire, on en déduira :

1°. L poids absolu de sucre de canne cristallisable contenu dans chaque litre de la solution observée, exprimée en grammes. $1400^{gr.}\frac{S}{l}$;

2°. La proportion de ce sucre dans chaque unité de poids de cette solution . . . . $1,4\frac{S}{l\delta}$;

l représente la longueur du tube d'observation exprimée en millimètres, et δ la densité de la solution prise comparativement à l'eau distillée.

» En m'appuyant sur les mêmes principes, j'ai pu établir une formule analogue pour le sucre de diabète, que les chimistes ont reconnu avoir aussi une composition constante quand il est isolé à l'état solide, et qu'on l'a purifié par des lavages alcooliques réitérés suffisamment. Mais, pour cela, il m'a fallu constater la constance de sa constitution moléculaire dans l'état définitif où on l'obtient. Je l'ai fait d'abord en mesurant le pouvoir rotatoire de cette espèce de sucre sur des échantillons que M. Péligot m'avait remis, et qu'il avait lui-même retirés de l'urine des malades, les uns en 1836, d'autres en 1840, sans qu'il eût conservé l'idée de la comparaison que je pouvais établir entre eux. Je les ai trouvés moléculairement identiques. J'en ai reçu aussi de M. Bouchardat, qu'il avait préparés de son côté à l'Hôtel-Dieu; et ils m'ont encore présenté, à très-peu de chose près, la même identité. J'ai établi ma formule quantitative sur la moyenne des résultats que ces trois sortes d'échantillons m'avaient fournis. Mais, afin d'en faciliter l'application pratique, je n'ai pas calculé son coefficient constant pour le seul but des recherches physiques, où la déviation pourrait être observée, soit avec le verre rouge, soit à l'œil nu, sur des urines décolorées artificiellement. Je l'ai déterminé aussi pour le cas pratique où l'on voudrait faire directement l'observation à l'œil nu sur les urines naturelles, toujours plus ou moins colorées d'une teinte jaunâtre qu'on peut aisément amener au jaune orangé en variant la longueur du tube où on les observe. Alors quand on les aura ainsi observées, la formule donnera immédiatement le nombre de grammes de sucre qu'elles contiennent par litre, avec une approximation plus que suffisante pour les conséquences médicales qu'on en voudra inférer. Voici le tableau des nombres, qui est analogue à celui que

nous avons dressé pour le sucre de canne, page 628 :

TABLEAU E.

		PAR LA DÉVIATION de la teinte violet bleuâtre observée à l'œil nu à travers les urines supposées incolores ou décolorées artificiellement.	PAR LA DÉVIATION observée à l'œil nu au minimum d'intensité de l'image extraordinaire, la teinte naturelle à travers le tube étant un jaune orangé.	PAR LA DÉVIATION observée à travers un verre rouge pareil à celui du tableau A.
		gr.	gr	gr.
Poids absolu de sucre de diabète pur contenu dans chaque litre de l'urine observée.	$\varepsilon\delta$	$2176 \frac{\alpha}{l}$	$2340 \frac{\alpha}{l}$	$2838 \frac{\alpha}{l}$
Proportion de ce même sucre dans chaque unité pondérale du liquide	ε	$2,176 \frac{\alpha}{l\delta}$	$2,340 \frac{\alpha}{l}$	$2,838 \frac{\alpha}{l\delta}$

» l représente, comme précédemment, la longueur du tube d'observation, δ la densité du liquide prise comparativement à l'eau distillée, et α la déviation de l'image extraordinaire exprimée en degrés sexagésimaux pour chaque mode d'observation. Ici encore la connaissance de la densité n'est nécessaire que si l'on veut connaître la proportion pondérale. Les coefficients numériques employés dans la première et la dernière colonne embrassent l'amplitude totale des teintes que le liquide peut présenter. La colonne intermédiaire s'appliquera immédiatement à toutes les observations courantes, en variant la longueur du tube de manière que le liquide, vu à travers, présente une teinte jaune-orangé : s'il est plus pâle, l'évaluation ainsi obtenue sera un peu trop forte; elle sera, au contraire, un peu trop faible s'il a une teinte plus foncée. Mais la faible différence numérique du coefficient moyen aux coefficients extrêmes montre que l'évaluation ainsi faite, pour la teinte jaune-orangé, sera toujours suffisamment exacte pour les applications médicales.

» Par exemple, M. Rayer avait, à l'hôpital de la Charité, un malade fortement atteint de diabétisme, dont il m'envoya l'urine à étudier. Je la filtrai d'abord, comme il faut toujours le faire pour en séparer les matières suspendues qui troubleraient sa transparence. Je l'observai ensuite à l'œil nu dans un tube de $347^{mm},6$, où elle donna une déviation vers la droite égale à $+18°,5$. Sa couleur, vue à travers le tube, était jaune. En lui appliquant notre coefficient moyen, on aura

$$\text{Poids du sucre par litre } 2340^{gr} \frac{185}{3476} \text{ ou } 124^{gr},54 ;$$

mais cette évaluation est peut-être un peu trop forte, parce que la teinte transmise à travers le tube, par le liquide filtré, se rapprochait plus du jaune que de l'orangé. Le calcul fait avec le coefficient de la première colonne donnerait 115^{gr},80, qui serait un nombre trop faible. La différence de ces deux limites est bien petite pour un tel résultat.

» A la rigueur, ce calcul indique seulement le poids de sucre solide libre qu'il faudrait supposer dissous dans l'urine pour lui faire produire la déviation observée; et l'on pourrait se demander s'il n'y serait pas engagé dans des combinaisons qui rendraient son pouvoir propre plus grand ou moindre qu'on ne l'observe à l'état de solidité et d'isolement. Cette supposition, en elle-même, me paraît peu vraisemblable. Car, d'abord, l'extraction du sucre solide, après l'évaporation, s'opère par de simples lavages alcooliques qui sembleraient peu capables de désunir des combinaisons quelque peu énergiques, et l'on n'en retrouve pas de telles dans le produit sucré définitivement isolé par ces opérations. Puis, il n'y a pas ici d'inversion de pouvoir dans le passage de l'état liquide à l'état solide, comme on l'observe avant et après la solidification du sucre de raisin. Enfin le sucre de canne cristallisé, qui est incomparablement moins stable que les sucres solides de fécule, de raisin et de diabète, m'a paru conserver son pouvoir rotatoire inaltéré, ou à peine affaibli, dans sa combinaison avec le chlorure de sodium, du moins autant que j'en ai pu juger sur les quantités extrêmement petites de ce produit que M. Peligot m'a remises. Ces trois genres de considérations se réunissent ainsi pour indiquer que le poids de sucre solide de diabète, donné par notre calcul, préexiste tout entier dans l'urine observée à l'état liquide. Mais ceci ne peut être utile à discuter que pour la chimie, et non pour l'application symptomatique, à laquelle l'alternative est indifférente. Car le poids, et le pouvoir, du sucre retiré à l'état solide seront toujours proportionnels à sa quantité, combinée ou non combinée, qui préexiste dans la sécrétion; pourvu que la combinaison supposée soit constamment de même nature, ce qui paraît indubitable.

» Je n'ai pas pu composer une formule pareille pour le sucre de fécule, par la raison que ce n'est pas un corps fixe et défini, mais qu'il y en a diverses variétés que les chimistes n'ont pas, jusqu'à présent, soumises à des analyses distinctes. Nous en avons fait connaître plusieurs, M. Persoz et moi, que nous avons distinguées les unes des autres par leurs propriétés optiques, ainsi que par le mode successif et brusque de leur formation, quand on fait agir l'acide sulfurique sur la fécule, à chaud, par un contact plus ou moins prolongé. Le sucre d'amidon des anciennes fabriques

est le dernier terme de cette réaction. M. Jacquelin a formé postérieurement un de ces nouveaux produits par l'action de $\frac{2}{1000}$ d'oxide oxalique, aidée de la pression dans l'autoclave; et il a obtenu ainsi un sucre fermentescible dont le pouvoir rotatoire surpasse celui du sucre de canne, comme j'ai eu occasion de le constater. J'ignore si le sucre qui se forme sous l'influence de la diastase est de ce même genre, parce que je ne pense pas qu'on l'ait jusqu'à présent isolé. Quant au sucre d'amidon que l'on trouve actuellement dans le commerce, son identité de constitution, je dirai même de composition, me semble fort douteuse, surtout si l'on compare celui de certaines fabriques à celui que l'on préparait par les anciens procédés. Mais, en ne considérant que les produits sucrés à rotation énergique dont j'ai parlé plus haut, lesquels résultent certainement de la seule transformation de la fécule, ce serait un beau problème de chimie organique que d'examiner s'ils ne constitueraient pas des combinaisons fixes mais diverses de sucre et de dextrine, et, dans ce dernier cas, s'ils sont complétement ou incomplétement fermentescibles. Mais les chimistes n'ont pas jusqu'à présent porté leur attention sur la diversité de caractères moléculaires qui les distinguent. C'est probablement dans la supposition actuelle de leur identité rigoureuse qu'un des plus distingués parmi eux a proposé de réunir les sucres solides d'amidon, de raisin et de miel, sous la dénomination commune de *glucose*, qui s'est établie dans la science à l'abri de son autorité. Je ne crois pas manquer à l'estime que je lui dois, non plus qu'à l'amitié que je lui porte, en combattant cette unité de nom, qui présuppose une identité de constitution jusqu'ici non démontrée par l'expérience. Et je le fais d'autant plus librement que les chimistes qui l'ont adoptée d'après lui en ont étendu l'application avec beaucoup moins de réserve qu'il n'en avait apporté lui-même en la proposant (*). Car on l'a employée, par exemple, pour désigner aussi le sucre liquide des fruits, qui, dans la plupart d'entre eux, est constitué moléculairement d'une tout autre manière que les sucres solides d'amidon ou de raisin. On a compris également sous le nom de *glucose* le produit sucré qui se forme dans le jus de la canne, sous l'influence de la fermentation spontanée, ou des acides, quoiqu'il offre une dissemblance moléculaire pareille; dissemblance qui, dans ce dernier cas, peut, à ma connaissance, persister après la saturation de l'acide, même dans les agglomérations solides que le sirop rapproché finit par produire au bout de plusieurs années de repos et d'exposition à l'air. Cette assimilation de produits aussi moléculairement divers, se trouve, pour

(*) *Comptes rendus*, t. VII, page 109.

ainsi dire, scientifiquement constituée en fait dans un ouvrage récent, auquel son mérite réel et le nom de son auteur présagent une immense publicité. Je veux parler du *Traité de Chimie organique* de M. Liebig. Dans le chapitre où cet habile chimiste traite des produits sucrés, il présente en première ligne le sucre de canne cristallisable, puis la *glucose,* comprenant, suivant lui, *comme synonymes,* les sucres de diabète, de raisin, d'amidon et de fruits; puis enfin le sucre de lait, ou *lactine*. Or, dès les premiers pas, cette classification, indépendante de la constitution moléculaire, lui fait méconnaître l'existence de produits naturels préexistants, mais non jusqu'à présent séparables à l'état solide, comme le sucre de raisin liquide et le sucre liquide du miel, qu'il confond avec celui de raisin solide, c'est-à-dire, selon lui, d'amidon. Puis, dans les transformations si spéciales du sucre de canne par la fermentation ou par les acides, c'est encore, à ses yeux, du sucre de raisin, c'est-à-dire d'amidon qui se forme. Enfin, parmi les modifications successives de la fécule en matière sucrée par les acides, il n'en mentionne qu'une seule, celle qu'on obtient par une ébullition longtemps prolongée en présence de l'acide sulfurique. Tous les intermédiaires qui succèdent par sauts brusques au développement de la dextrine lui échappent. Il assimile au même sucre de fécule celui qu'on obtient par l'influence de la diastase; de sorte que tant de corps, dont plusieurs sont constitués en réalité de manières si diverses et subissent des modifications si dissemblables, sont pour lui une identité. Toutefois sa grande habitude des expériences chimiques lui inspire bien quelques doutes, suggérés par des différences dans les caractères extérieurs, comme aussi dans les points de fusibilité ou de solubilité. Mais ces indices sont trop faibles et trop peu profonds pour lui fournir les fondements d'une opposition décidée aux idées admises. C'est que la considération des propriétés moléculaires, le seul fil qui pouvait le guider dans ce labyrinthe, lui a manqué entièrement. Non qu'il ait tout à fait ignoré les phénomènes optiques qui les décèlent, puisqu'il en cite quelques-uns à l'article des sucres (1); mais on voit qu'il ne les a pas lui-même observés, et encore moins discutés. Car il les décrit incomplétement, inexactement, sans les rapporter à leur origine intime, sans en sentir la force, et en les présentant à peu près comme on résumerait une série de particularités secondaires, auxquelles nul principe de mensuration ne s'attacherait. Par exemple, en citant la dextrine, que les caractères rotatoires ont fait pour

(1) Tome I[er] de la traduction française, p. 496.

la première fois distinguer des gommes, avec lesquelles on l'avait jusqu'alors confondue, *M. Payen et M. Persoz*, dit-il, *lui ont donné ce nom parce qu'elle possède la propriété de dévier à droite les rayons de lumière polarisée* (1). M. Payen pensera, je crois, avec moi, que M. Liebig est ici au moins pour une bonne moitié en erreur. Car, lorsque nous fîmes connaître, M. *Persoz* et *moi*, il y a bientôt dix ans, l'individualité de la dextrine, nous la nommâmes ainsi, non pas tant à cause du sens de son pouvoir, qui lui est commun avec beaucoup d'autres substances, qu'à cause de la singulière énergie avec laquelle elle l'exerce, et qui est telle qu'aucune autre substance organique connue n'en approche. Or, c'est précisément ce degré d'intensité mesurable qui complète le caractère spécifique de l'action dans tous les corps où elle est de même sens; et voilà ce que M. Liebig paraît avoir ignoré. Aussi, ce même manque de données sur la constitution moléculaire des corps se fait-il remarquer dans les autres parties de son ouvrage où elles lui auraient été le plus utiles : par exemple, lorsqu'il traite des diverses espèces de camphres, ou de l'acide tartrique et de ses combinaisons si variées, ou des huiles essentielles et de cette multitude de produits isomériques qu'elles engendrent. Car alors il se perd dans le dédale de noms qui ont été donnés à ces produits; ne pouvant, comme il le dit lui-même, assimiler le térébène de M. Deville à celui de MM. Soubeiran et Capitaine, ni distinguer le péricylène de ceux-ci, du térébène de celui-là (2); de sorte qu'au nom de ces substances il est encore obligé d'ajouter celui des chimistes. C'est qu'en effet, ici comme dans beaucoup d'autres parties de la Chimie organique, les propriétés optiques, lorsqu'elles existent, peuvent seules fournir des caractères moléculaires qui fassent distinguer les uns des autres des produits d'ailleurs semblables par la nature et les proportions pondérables de leurs éléments gazeux. Je désire que les chimistes en général, et en particulier M. Liebig, veuillent bien ne pas méconnaître les motifs qui m'ont inspiré ces réflexions. Je suis très-loin de vouloir déprécier un travail immense qui, s'il peut paraître prématuré dans l'état imparfait, et pour ainsi dire naissant où la chimie organique se trouve, la servira néanmoins doublement par les vides qu'elle y fera voir, et par la multitude des faits qu'on y trouvera réunis. Je n'ai pas été non plus excité par le désir de faire prévaloir des caractères que j'ai concouru à établir. Car je sais très-bien que la vérité a besoin d'oppositions qui la combattent, pour l'épurer et assurer sa

(1) Tome Ier de la traduction française, p. 495.
(2) Tome II, p. 314.

certitude. Mais ceux qui croient sincèrement l'avoir trouvée doivent aussi, à ce qu'il me semble, s'imposer l'obligation de la proclamer et de la défendre quand ils en trouvent l'occasion. Voilà le véritable sentiment qui m'a dirigé.

» J'espère soumettre prochainement à l'Académie les expériences que j'ai faites depuis longtemps sur les modifications que les diverses matières sucrées éprouvent sous l'influence progressive et graduée des différents acides. Les caractères optiques employés à la mensuration de ces phénomènes y décèlent des particularités moléculaires, ainsi que des résultats d'application, que l'on était, je crois, bien loin de soupçonner. »

ASTRONOMIE. — *Sur les positions relatives du centre de Saturne et du centre de l'anneau.*

M. **Arago** a entretenu verbalement l'Académie des observations qu'il vient de faire, avec le concours de ses collaborateurs habituels, sur la position du centre de Saturne relativement au centre de l'anneau. Voici les observations textuelles :

« Le 14 septembre, à $7^h\ 30^m$; la planète est sensiblement plus rapprochée de l'anneau à l'occident qu'à l'orient; la différence des deux distances a paru être de 8 à 9 dixièmes de seconde.

» Le 15, à $7^h\ 30^m$; l'excentricité existe dans le même sens que le 14; elle semble cependant avoir diminué de grandeur.

» Le 16, à $7^h\ 30^m$; l'excentricité a encore diminué depuis le 15.

» Le 17, à $7^h\ 30^m$; l'excentricité s'aperçoit encore, mais elle est extrêmement petite. Si les deux espaces sombres avaient été aussi peu inégaux le 14 qu'ils le sont aujourd'hui, on ne se serait certainement pas aperçu de la différence. »

M. Arago annonce que ces observations seront poursuivies, non plus, à l'avenir, par de simples évaluations, mais à l'aide de mesures micrométriques précises. Il rappelle, au surplus, que *ce genre d'excentricité* de Saturne avait été remarqué, le 17 décembre 1827, par M. Schwabe de Dessau (1); que M. Struve en détermina la valeur en mars et avril 1828;

---

(1) M. Arago aurait pu dire que M. Schwabe lui-même avait été précédé dans l'observation de l'excentricité du globe de Saturne par un astronome français, *Gallet*. Ce chanoine d'Avignon disait, en effet (*voir* le *Journal des Savants*, 1684, p. 198) : « Quelquefois le corps de Saturne a esté vû n'être pas parfaitement au milieu de l'anneau. » L'auteur explique ensuite (sauf les quantités dont il ne dit pas un mot), pourquoi cela doit *toujours* arriver dans les quadratures, par un effet des phases de la planète.

que l'astronome de Dessau est revenu sur cet objet dans un Mémoire détaillé, inséré au n° 433 des *Astronomische Nachrichten* de M. Schumacher; et qu'enfin, chose singulière, les anciennes comme les nouvelles observations, ont *toujours* montré la planète *à l'occident* du centre de l'anneau.

M. Arago présente les feuilles originales de ses observations, sur lesquelles il avait noté, le 13 juin 1814, le 7 octobre de la même année, et le 31 janvier 1824, que Saturne était excentrique par rapport à l'anneau, *dans le sens du petit diamètre.* On a vu que les observations de MM. Schwabe et Struve, que les observations récentes de Paris sont relatives à une *excentricité parallèle au grand diamètre de l'anneau.*

En cherchant les éléments d'une histoire impartiale de ce petit coin du monde planétaire, M. Arago a trouvé que *la découverte de l'excentricité de Saturne, du moins dans le sens du petit diamètre de l'anneau,* doit être attribuée à Picard. Voici, en effet, ce qu'on lit dans l'*Histoire céleste* de Lemonnier, imprimée en 1741, p. 25, comme un extrait des registres du célèbre auteur de la mesure de la Terre.

« Le 5 juillet, 1667, *le bord septentrional* de Saturne *paraît déborder* un » peu le bord de l'anneau ; *l'autre bord* paraît comme retranché. »

La figure dont cette Note est accompagnée montre bien que dans la lunette de Picard, renversant les objets, c'était bien au *bord inférieur apparent,* c'est-à-dire au bord supérieur réel, que la planète débordait l'anneau.

Dans l'observation de M. Arago du 31 janvier 1824, ce n'était plus, comme en 1667, le *bord inférieur* apparent qui débordait l'anneau, c'était le *bord supérieur.* C'était aussi le bord *supérieur* apparent, et ce bord seul, qu'on entrevoyait le 7 octobre 1814.

Le 13 juin de la même année 1814, M. Arago écrivait dans son registre d'observations : « A 3 heures du matin, après un examen très-attentif » de Saturne, effectué avec une excellente lunette de Lerebours armée » successivement de grossissements de 150, de 190 et de 400 fois, j'ai re» connu que Saturne déborde l'anneau dans le haut et dans le bas. *Dans » le bas* (apparent), la protubérance formée par le globe de la planète » est évidente. Dans le haut (apparent), la protubérance s'aperçoit à peine. »

Afin qu'on ne soit pas tenté de chercher l'explication de ces diverses excentricités, soit dans la diffraction, soit dans une réfraction que les rayons lumineux éprouveraient en traversant l'atmosphère dont Herschel supposait que l'anneau est entouré, M. Arago a fait remarquer qu'à la date du 31 janvier 1824, par exemple, lorsque la planète ne débordait qu'au bord supérieur apparent, l'anneau dans cette région était réelle-

ment derrière la planète, en sorte que les rayons partant du pôle supérieur apparent du globe, nous arrivaient sans avoir rien trouvé sur leur route qui eût pu les dévier.

Dans la discussion définitive de toutes ces observations, il sera évidemment nécessaire d'avoir égard aux effets de la parallaxe annuelle et de la déclinaison de Saturne. Les phases de cette planète, pour petites qu'elles soient, devront être prises en ligne de compte, ne serait-ce que pour montrer qu'on chercherait vainement dans le jeu de ces phases l'explication complète des phénomènes observés.

MÉMOIRES LUS.

PHYSIOLOGIE. — *Considérations sur le mécanisme du cours de la bile dans les canaux biliaires; par* M. Amussat.

(Commissaires, MM. Magendie, de Blainville, Serres, Flourens.)

L'auteur, en terminant son Mémoire, exprime, dans les termes suivants, les résultats qui lui paraissent se déduire de ses recherches.

« Je crois, dit-il, être arrivé à établir :

» 1°. Que la vésicule et les canaux biliaires sont pourvus de fibres charnues, et que non-seulement cet appareil se vide par la pression qu'exercent sur lui les organes voisins, mais probablement aussi par une action propre et particulière à tous les réservoirs et canaux contractiles. Je dis probablement, parce qu'il est fort difficile de constater les contractions de la vésicule biliaire par l'expérimentation directe sur les animaux vivants.

» 2°. Que la véritable disposition des valvules cystiques, qui n'existent que chez l'homme et le singe, est en spirale ou en hélice plus ou moins régulière. Cette disposition avait déjà été indiquée par Ruisch et oubliée. Cette espèce de valvule ou de sphincter me paraît avoir le double usage de favoriser l'ascension de la bile et d'empêcher la sortie trop brusque de ce liquide.

» 3°. Que l'orifice du canal cholédoque dans l'intestin, par son étroitesse comparée à la capacité du canal, est la cause physique qui force la bile à remonter contre son propre poids dans la vésicule.

» C'est encore un fait de plus qui prouve que les phénomènes physiques jouent un grand rôle dans les fonctions de nos organes.

» 4°. Que la véritable situation de l'appareil biliaire, l'homme étant debout, ne permet pas que, dans l'état de vacuité de l'estomac et des intestins, la bile puisse couler par son propre poids dans la vésicule, comme on l'avait supposé sans vérifier le fait.

» 5° Que, chez tous les animaux dépourvus de canaux hépato-cystiques, la bile remonte contre son propre poids; et, comme je l'ai déjà dit, c'est par la disposition physique de l'orifice du canal cholédoque que ce phénomène a lieu. La valvule cystique favorise l'ascension de la bile et en modère la sortie ; et la vésicule, par la pression abdominale, et probablement aussi par une action propre de sa tunique musculeuse, chasse la bile. Le cholédoque lui-même, pourvu aussi d'une tunique musculeuse, doit concourir à faire passer la bile dans le duodénum.

» 6°. Que l'anatomie comparée confirme complétement le résultat de mes recherches sur l'homme, et montre surtout que la nature, sur les différentes espèces d'animaux, peut atteindre, par des moyens variés, le même but. Mais c'est toujours l'étroitesse de l'orifice duodénal du cholédoque qui est la cause principale du phénomène du reflux de la bile dans la vésicule. Même sur les animaux quadrupèdes, la disposition de l'appareil biliaire est telle que la bile doit toujours remonter contre son propre poids, comme sur l'homme, pour refluer vers la vésicule. Ce fait a été vérifié sur plusieurs animaux, en présence de M. de Blainville, qui a eu la bonté de m'encourager à poursuivre ce travail.

» 7°. Que les expériences sur les animaux vivants prouvent qu'on ne peut faire contracter la vésicule comme la vessie urinaire par aucun moyen; cependant elle se contracte ou se resserre évidemment, puisqu'elle se vide en peu de temps, mais d'une manière insensible, sous les yeux de l'expérimentateur, comme nous l'avons constaté plusieurs fois avec M. Magendie. Les canaux biliaires, au contraire, se contractent très-visiblement sur les oiseaux, et plus fortement même que les intestins. L'orifice du cholédoque est très-petit et la bile coule goutte à goutte, comme distillée et projetée, chez quelques oiseaux.

» La médecine pourra, je l'espère, tirer quelques lumières de la démonstration du fait physiologique établi dans ce Mémoire; mais ce sera par de nouvelles recherches sur l'anatomie pathologique, fondées sur la disposition normale de la terminaison du cholédoque. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur les tremblements de terre ressentis en Europe et dans l'Asie orientale, de* 306 *à* 1800; *par* M. **A. Perrey**. Premier Mémoire. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Arago, Babinet.)

« Deux résumés de ces recherches ont été successivement publiés dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie.*

» Dans le premier, que je n'adressais à M. Arago que pour lui demander quelques conseils sur le mode de rédaction à suivre, je n'avais encore enregistré que 269 tremblements de terre.

» Dans le deuxième, que j'avais fait accompagner d'une première rédaction du Mémoire, je comptais déjà 987 tremblements.

» Dans celui-ci le nombre des phénomènes s'est élevé à 1329, sans y comprendre 76 tremblements de terre d'assez longue durée, phénomènes complexes, dont les secousses se sont renouvelées plus ou moins longtemps.

» Les tableaux suivants donneront une idée des rapports que présentent les degrés de fréquence de ces phénomènes aux diverses époques de l'année.

Tableau I.

TREMBLEMENTS DE TERRE PENDANT DEUX MOIS.	1er RÉSUMÉ.	2e RÉSUMÉ.	3e RÉSUMÉ.
Décembre, Janvier... } au solstice d'hiver........	49	178	249
Juin....., Juillet... } au solstice d'été..........	22	117	146
Mars....., Avril..... } à l'équinoxe du printemps.	24	122	167
Septembre, Octobre.. } à l'équinoxe d'automne...	32	111	154

» Le solstice d'hiver conserve une prépondérance marquée.

TABLEAU II.

TREMBLEMENTS DE TERRE PENDANT SIX MOIS.	1er RÉSUMÉ.	2e RÉSUMÉ.	3e RÉSUMÉ.
Du 1er octobre au 31 mars, automne et hiver.	112	441	624
Du 1er avril au 30 septemb., printemps et été.	79	323	457

» Les nombres inscrits dans la deuxième ligne n'atteignent jamais les trois quarts des nombres inscrits dans la première, dont ils semblent même s'éloigner de plus en plus.

» En d'autres termes, en représentant par 1 le *degré de fréquence* des tremblements de terre pour les six premiers mois, il sera, pour les six autres, représenté par le nombre 0,73221. J'avais trouvé, dans mon second essai, le nombre 0,73321, qui est un peu plus fort. La prépondérance des six premiers mois s'est donc un peu accrue.

» C'est ce que montre encore la liste des 76 phénomènes qui se sont prolongés assez longtemps, et que je n'ai pas compris dans les tableaux.

» Enfin, il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer encore que les deux mois au solstice d'hiver (décembre et janvier) en fournissent plus à eux deux que les trois mois d'été pris ensemble, et même que les trois mois du printemps, résultat déjà trouvé antérieurement.

» M. le professeur Mérian a trouvé, pour la Suisse, des résultats analogues, auxquels je suis moi-même arrivé, en dressant des tableaux particuliers pour les diverses grandes divisions géographiques et politiques de l'Europe.

» Mais je me propose encore, si l'Académie juge ce travail utile, de dresser sur ce sujet intéressant sept autres catalogues, pour lesquels j'ai rassemblé des notes assez étendues.

» 1°. Un catalogue des tremblements de terre ressentis en Europe et dans l'Asie occidentale, de 1801 à 1841;

» 2°. Un catalogue particulier pour l'Amérique et les Açores;

» 3°. Un catalogue pour le reste de l'Asie, lequel pourra être comparé à celui de M. Ed. Biot pour la Chine;

» 4°. Un catalogue des aurores boréales, comparées quant aux dates avec les tremblements de terre;

» 5°. Un catalogue où je comparerais les dates des tremblements de terre avec les diverses phases du mouvement lunaire, telles que les syzygies, l'apogée, le périgée, etc.

» 6°. Un catalogue dressé sous le point de vue de M. Cordier, c'est-à-dire en n'envisageant pas la croûte terrestre comme d'égale épaisseur partout;

» 7°. Enfin, un dernier catalogue des secousses dont la direction a été notée, et où je chercherais s'il y a relation entre cette direction et la configuration des lieux, ainsi qu'avec leur nature géologique.

» Quant aux circonstances météorologiques d'hygrométrie et de température, d'agitation ou de calme atmosphérique, elles me paraissent difficiles à déterminer. Au moins elles sont données généralement de manière à rendre difficile la rédaction d'un catalogue sous ce point de vue. *Le calme,* d'ailleurs, *est loin d'être un phénomène constant,* comme on l'a dit.

» L'intensité magnétique serait encore plus difficile à discuter. Je ne trouve qu'un seul exemple où il en soit fait mention, c'est dans une lettre de M. de Humboldt à M. Delambre :

« Avant le tremblement de terre ressenti à Cumana, le 4 novembre 1799,
» l'inclinaison magnétique, mesurée avec la boussole de Borda, s'est trouvée
» de 44° 20′, nouvelle division.

» Après le tremblement, elle était de 43° 35′ (des expériences ont
» prouvé que c'est cette partie du globe et non l'aiguille qui a changé de
» charge magnétique); l'aiguille faisait 229 oscillations en 10 minutes de
» temps. »

» Serait-il permis de tirer quelque conséquence de diverses autres citations analogues ? comme de celles-ci, par exemple :

» Pendant le tremblement de terre du 1er juillet 1720, ressenti à 169 toises au fond des mines de Freyberg, un aimant qui portait depuis quelques années un morceau de fer pesant 12 livres environ le laissa tomber, mais ensuite il le soutint comme auparavant.

» A Morat (Suisse), l'aiguille de la boussole déclina à l'ouest de 0° 25′ au moment des secousses du 1er décembre 1755. Sur les frontières de Suisse, de la limaille de fer, attachée par sa pointe à un aimant, se colla contre l'aimant, puis revint à sa première situation. A Hohen-Ems, au-dessus du lac de Constance, un aimant de 12 $\frac{1}{2}$ onces, suspendu à un cordon de 11 pouces, se tourna du côté du sud, et, en s'élevant, forma avec la ligne perpendiculaire un angle d'environ 40°; cet aimant resta ainsi pendant les secousses, qui durèrent une minute; après quoi il re-

vint, par plusieurs oscillations, à sa première situation et direction. Tandis que cet aimant fut ainsi relevé vers le sud, la limaille, qui était ordinairement dressée sur les deux pôles, resta en partie dressée sur le pôle sud, se coucha en partie sur le pôle nord, et tomba en partie à terre: tout cela revint à son premier état lorsque l'aimant eut repris sa direction.

» A Malemort (Provence), on éprouva deux secousses, le 25 mars 1783, à 3ʰ du matin; elles furent précédées d'un bruit éclatant et suivies d'un vent assez fort et sans direction fixe, pendant une heure. On remarqua, à Sallon-de-Crau, à 3 lieues de là, que le temps était pur, et que cependant la machine électrique ne donnait que de faibles étincelles.

» Enfin, devrais-je noter avec espoir d'en tirer quelque résultat utile, des circonstances analogues à celle-ci:

» Pendant le tremblement de terre du 1ᵉʳ décembre 1769, ressenti à Paris et dans la vallée de la Seine, les secousses furent violentes à Elbeuf, où le fleuve mugissait et bouillonnait, et l'on vit *une multitude d'étoiles filantes qui laissaient des traînées beaucoup plus enflammées que les corps eux-mêmes.* A Houlme, village à une lieue de Rouen, on aperçut au ciel une lumière brillante.

» Au reste, pendant les tremblements de terre, on a souvent remarqué des exhalaisons et des météores ignés. »

M. **Devismes** soumet au jugement de l'Académie un *fusil à un seul canon et à une seule batterie, pouvant tirer six coups de suite.* Ce fusil, qui se rapproche, à certains égards, de celui que M. Mathieu avait présenté dans la séance du 12 septembre, en diffère cependant par plusieurs particularités : notamment, en ce que la batterie est entièrement cachée dans la poignée; en ce que le mouvement de la pièce dans laquelle sont creusées les cinq tonnerres exécute indéfiniment ses sixièmes de révolution, chaque fois qu'on presse la gachette, et sans qu'il soit besoin de lui faire exécuter une conversion en sens inverse après que le dernier coup est parti; enfin, en ce que cette chambre est disposée de telle sorte qu'elle se trouve tout d'une venue avec les deux parties de la monture entre lesquelles elle est comprise. Du reste, le fusil qui offre cette disposition, plus agréable à l'œil que celle de l'arme présentée par M. Mathieu, n'est pas d'un aussi fort calibre, ce qui a permis de réduire notablement le diamètre du magasin.

(Renvoi à la Commission chargée de faire un Rapport sur les armes présentées par M. Philippe Mathieu.)

M. **Frédéric Sauvage** prie l'Académie de vouloir bien lui désigner des Commissaires en présence desquels il répétera des essais comparatifs sur des *hélices de formes variées, destinées à être employées, en remplacement des roues à aubes, pour la propulsion des bateaux à vapeur.*

(Commissaires, MM. Poncelet, Coriolis, Piobert, Séguier).

M. **Devilliers** soumet au jugement de l'Académie des nouvelles recherches sur quelques *maladies particulières à la membrane caduque.* Ce Mémoire est en quelque sorte le développement d'un premier essai sur le même sujet que l'auteur avait déjà publié, et dont il envoie aujourd'hui un exemplaire. (*Voir* au *Bulletin bibliographique.*)

(Commission précédemment nommée pour diverses communications relatives aux enveloppes de l'œuf humain.)

M. **de Sondalo** adresse une Note ayant pour titre : *De quelques usages nouveaux du bioxyde d'hydrogène.*

L'auteur a pensé qu'au moyen de cette substance, il serait possible d'entretenir longtemps la respiration dans un espace très-limité, où l'air ne se renouvelle point. Les expériences qu'il a déjà faites à ce sujet l'ont confirmé dans l'idée qu'on pouvait faire usage du bioxyde d'hydrogène comme d'une source d'oxygène dont la dépense parfaitement régulière fournirait constamment un volume égal au volume absorbé, et qu'au moyen d'une certaine proportion d'hydrate de chaux contenu dans un récipient convenablement disposé, on pourrait se débarrasser constamment de l'acide carbonique produit dans l'acte de la respiration.

(Commissaires, MM. Thenard, Chevreul, Dumas.)

M. **Ducros** soumet au jugement de l'Académie un Mémoire concernant l'*emploi de l'ammoniaque dans le traitement des amauroses commençantes ou constituées.*

(Commission nommée pour un précédent Mémoire du même auteur.)

M. **Leroy d'Étiolles** adresse quelques remarques relatives à la Note dans laquelle M. *Mercier* recommande l'*emploi de la sonde à double courant pour l'évacuation du sang contenu dans la vessie.* Suivant M. Leroy, l'introduction d'un nouveau liquide, dans l'organe déjà distendu, ne peut se faire

que très-incomplétement, et jamais sans douleur. Cette introduction, d'ailleurs, ajoute-t-il, serait sans utilité, à raison de l'état de coagulation où se trouve le sang.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. **Brachet** envoie une nouvelle Note concernant la *télégraphie nocturne*.

(Commission précédemment nommée.)

M. **Mareschal** adresse une nouvelle rédaction des idées qu'il a présentées, dans plusieurs communications successives, relativement aux *moyens de compléter notre système métrique*.

(Commission précédemment nommée.)

M. **Gachelin** présente quelques considérations sur les moyens qui lui paraissent propres à *diminuer les dangers des chemins de fer*.

M. **Lambert**, détenu à Brest, annonce qu'il a envoyé à M. le Ministre de l'Intérieur un modèle de *waggons à freins continus et à timons mobiles*. A sa Lettre est jointe la copie de l'accusé de réception qui lui a été envoyé du Ministère, en date du 5 juin. M. Lambert fait remarquer que cette date constate ses titres de priorité relativement à deux inventions qui reposent sur le même principe que la sienne, savoir : celle de M. de Jouffroy, adressée à l'Académie le 21 juin, et celle de feu M. Thenard, présentée à une date encore postérieure.

(Renvoi à la Commission des chemins de fer.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** rappelle qu'il a invité l'Académie a lui faire connaître son opinion sur l'utilité de divers instruments de météorologie et de physique demandés par M. *de Castelnau*, qui se propose d'en faire usage dans l'Amérique du Sud, où il doit se rendre prochainement. La liste de ces instruments, qui sont très-nombreux, était jointe à la première Lettre de M. le Ministre.

La Commission qui a été chargée de faire un Rapport en réponse à la Lettre de M. le Ministre sera invitée à le soumettre prochainement à l'approbation de l'Académie.

ASTRONOMIE. — M. **Arago** met sous les yeux de l'Académie, des figures coloriées dont il est redevable à M. *de Humboldt*, représentant les protubérances lumineuses de la dernière éclipse totale de Soleil, telles que M. Auguste les a vues à Vienne et M. Biela à Padoue. Les deux figures dessinées par M. Biela donnent à la protubérance de gauche, sur le bord inférieur *apparent* du Soleil, *plus de saillie* qu'à la protubérance de droite. En France, chacun a pu observer précisément le contraire.

M. **Arago** donne de nouveaux détails sur les travaux du puits de Grenelle.

M. **de Humboldt** présente, au nom de M. *Ehrenberg*, de l'Académie des Sciences de Berlin, des échantillons de briques cuites, d'une légèreté extrême, et, à l'état de pureté, insubmersibles dans l'eau. La matière de ces briques, appelées à Berlin *briques à infusoires*, est une couche, terreuse en apparence, de 9 à 12 mètres d'épaisseur, remplie entièrement d'animaux infusoires encore vivants et à carapaces siliceuses, couche qui se trouve à une profondeur de 3 à 4 mètres sous le pavé, dans plusieurs parties de la capitale de Prusse, comme aussi près des bords de quelques lacs. Les animaux infusoires, privés de la lumière, tirent probablement de l'oxygène de l'eau dont ils sont humectés, et qui communique avec le lit de la rivière. Ils se meuvent dans leurs demeures souterraines, et la présence de leurs grands ovaires, de couleur verte, prouve qu'ils se propagent.

Le mélange terreux de la couche à infusoires ne s'élève pas à 4 p. 100.

Les briques à infusoires, fortement cuites et vitrifiées, nagent sur l'eau : on les enduit de cire pour que l'expérience réussisse plus longtemps. On se servira de ces briques dans les constructions du nouveau Musée, surtout dans les combles. Pour qu'elles résistent à une plus grande pression, on mêle aux carapaces siliceuses des infusoires, 15 à 20 pour 100 d'argile.

Les anciens connaissaient ces briques qui surnagent. Pline en a parlé, liv. XXXV, chap. 14. M. Fabroni a trouvé, dans le Florentin, des terres qui, fortement cuites, offraient les qualités que Pline attribuait aux briques de l'Ibérie. Fabroni en recommandait l'usage pour les navires. M. Ehrenberg a découvert que la matière dont se servait Fabroni est une couche d'infusoires fossiles à carapaces siliceuses. Il a reconnu aussi, sous le microscope, ces carapaces dans des fragments de vases d'Ægine que les Grecs vantaient à cause de leur grande légèreté.

Dans les landes du pays de Hanovre (*Ericeta*) on trouve d'épaisses couches d'infusoires morts, couches de 4 à 5 mètres d'épaisseur. M. Ehrenberg fait observer que de petites sources sont fréquentes dans ces terrains à infusoires, les petits tubes siliceux des carapaces agissant probablement par attraction capillaire.

On voit par ces faits que les infusoires à carapaces ne sont pas seulement un objet de grand intérêt pour les études anatomiques et géologiques, mais que les débris de ces animaux commencent aussi à offrir de l'intérêt pour les arts industriels.

M. Ehrenberg a presque terminé les dessins et les gravures de son grand ouvrage sur les infusoires et autres animaux microscopiques fossiles, ouvrage qui fera suite à l'anatomie des infusoires vivants, munis d'organes de génération, d'yeux, de dents, de muscles et de nerfs.

MÉTÉOROLOGIE. — *Note sur les passages d'étoiles filantes observées à Lyon; par* M. J. **Fournet.**

« Le 11 août 1842, de 9^h 30^m à 11^h du soir, le passage des étoiles a été assez marqué pour que, sur la moitié occidentale de la voûte céleste en regard de l'observateur, on ait pu en compter jusqu'à trente-une, ce qui fait environ une étoile pour chaque intervalle de 3 minutes, ou une étoile par 1 $\frac{1}{2}$ minute si l'on veut faire la part de l'autre quart du ciel. Elles apparaissaient le plus souvent par groupes de deux ou trois qui filaient à des intervalles de temps très-rapprochés suivis d'une stagnation. Cependant, malgré cette presque simultanéité, elles ne suivaient pas la même route, paraissant même à des distances assez grandes les unes des autres. Le plus grand nombre courait du nord-est au sud-ouest; quelques-unes seulement allaient du sud-est au nord-ouest; une seule parut cheminer en sens inverse de l'est à l'ouest; enfin, une autre sembla tomber verticalement. Comme circonstances météorologiques accessoires, on doit ajouter que le ciel était très-pur au zénith; que les étoiles fixes scintillaient avec vivacité, ce qui accusait un vent méridional supérieur, tandis que le vent du nord avait quelque force dans les régions basses; d'ailleurs cette dernière conjecture était appuyée par les éclairs très-multipliés qui apparaissaient au sud-est vers le lointain des Alpes, côté où l'horizon était chargé d'une vapeur blanchâtre assez épaisse pour voiler complétement la transparence de l'atmosphère.

» Le *Courrier de Lyon* annonce que, le 21 août, entre 11^h et 12^h du soir, un

nouveau passage d'étoiles filantes a été observé par les promeneurs attardés sur les quais. Le ciel était parfaitement serein; la lune brillait du plus vif éclat; le calme était plat. Ces petits astres couraient vers le sud, en paraissant descendre obliquement sous un angle de 45°; quelques-uns semblaient effleurer notre atmosphère, car un bruit semblable à celui que produit l'ascension d'une fusée se faisait entendre pendant un instant très-court. En outre, leur éclat devenait plus vif au moment où ils semblaient se rapprocher de terre, comme si l'oxygène de la couche d'air traversée eût donné une nouvelle activité à la combustion.

» Si l'on réunit ces observations aux autres faites dans le même mois, et si l'on considère de plus l'ensemble des circonstances, on arrive à conjecturer que le mouvement des astéroïdes est assujetti à des perturbations, et qu'en outre leur système est susceptible d'éprouver des espèces de condensations et de dilatations en vertu desquelles les groupes de ces étoiles apparaîtraient parfois en masse, de manière à ce que leur passage aurait lieu dans l'intervalle d'une seule nuit, tandis que, dans d'autres cas, il s'effectuerait sous forme de traînées plus ou moins longues; alors l'apparition pourrait se manifester durant plusieurs nuits consécutives ou même dans des nuits espacées par des solutions de continuité, et le phénomène ainsi divisé perdrait naturellement quelque chose de son intensité. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Détails sur quelques tornados observés dans les environs de Lyon; par* M. **Fournet**.

L'auteur montre que, dans la contrée qu'il habite, les orages se propagent souvent dans des directions curvilignes, comme les tornados des régions intertropicales.

M. **Arago** fait hommage à l'Académie, au nom de l'auteur, M. *Flaugergues*, d'un opuscule relatif à un nouvel udomètre. (*Voir* au *Bulletin bibliographique.*) Dans cet instrument, le réceptacle de l'eau est divisé en huit compartiments qui répondent à autant de rumbs de vent. L'entonnoir qui reçoit la pluie, porté sur un axe vertical, peut se placer successivement au-dessus de chacune de ces cases. Une girouette le met en mouvement. Ce dispositif permettra d'apprécier exactement, pour chaque localité, l'influence des différents vents sur la quantité de pluie tombée.

M. **Ladurantie** adresse à M. *Arago* quelques détails sur les effets d'un *coup de foudre* qui a frappé, le 10 août dernier, l'église de Saint-Laurent

d'Arec (canton de Saint-André-de-Cubzac), et a blessé plusieurs personnes. L'effet le plus singulier est celui qui a été observé sur un homme brûlé aux deux bras : les manches de la chemise étaient intactes, quoique celles de deux gilets de laine placés, *l'un en dessus et l'autre en dessous de cette chemise*, fussent percées de plusieurs trous.

M. **Vallot** écrit pour rectifier une fausse indication donnée dans une Lettre précédente relativement à un *fossile*, dans lequel il avait cru voir un fragment de bras d'un Mollusque céphalopode armé de ses quatre rangées d'acétabules, tandis qu'un examen plus attentif de cette pièce la lui a fait reconnaître depuis pour le vomer d'un poisson de la famille des Pycnodontes, le *Girodus umbilicatus*.

M. **Schweig** écrit de Carslruhe pour connaître l'opinion de l'Académie sur un Mémoire qu'il lui a adressé il y a quelques mois et qui a pour titre : *Recherche de l'action des différents temps sur l'organisation de l'homme.* Ce Mémoire avait été adressé pour le concours à l'un des prix de la fondation Montyon, et le Rapport sur les pièces admises à ce concours n'a pas encore été fait.

M. **Savage** écrit qu'ayant appris que la Commission des encres et papiers de sûreté incline aujourd'hui à considérer comme une des principales garanties contre les faux l'emploi de vignettes imprimées d'avance sur le papier, tant en encre délébile qu'en encre indélébile, il adresse, comme pièce à consulter pour la Commission, un opuscule qu'il a publié, en 1842, sur la *composition des encres d'imprimerie.* (*Voir* au *Bulletin bibliographique.*)

(Renvoi à la Commission des encres et papiers de sûreté.)

M. **Durand** adresse un Mémoire sur diverses questions de physique générale, questions qu'il croit avoir été traitées dans un manuscrit dont M. Arago a parlé récemment comme pouvant intéresser l'histoire des sciences mathématiques.

M. *Arago*, qui a déjà pris connaissance du manuscrit en question, sur lequel il doit prochainement faire un Rapport conjointement avec M. Chasles, déclare qu'il ne s'y trouve rien qui ressemble aux idées contenues dans le Mémoire de M. Durand.

L'auteur d'une invention soumise récemment au jugement de l'Académie demande qu'un membre qu'il désigne soit adjoint à la Commission. Cette demande étant tout à fait insolite, il n'y est pas donné suite; ce serait à la Commission déjà nommée à réclamer, si elle le jugeait nécessaire, l'adjonction d'un nouveau membre.

La séance est levée à cinq heures un quart. A.

ERRATA. (Séance du 19 septembre 1842.)

Page 589, ligne 17, fossiles de Colombie décrits par M. d'Orbigny, *au lieu de*

(Commissaires, MM. Thenard, Dumas, Pelouze),

lisez

(Commissaires, MM. Alexandre Brongniart, Elie de Beaumont, Milne Edwards, Dufrénoy.)

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans cette séance, les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1842; n° 12; in-4°.

Annales des Mines; 4e série; tome Ier; 1re et 2e livr.; in-8°.

Recherches sur les causes, la nature et le traitement du Choléra; par M. PETIT (de Maurienne); in-8°.

Observations et Recherches sur quelques maladies particulières de la membrane caduque; par M. DEVILLIERS fils. (Extrait de la *Revue médicale.*) In-8°.

Paléontologie française (terrains jurassiques); par MM. D'ORBIGNY *et* DELARUE; 4e à 6e livr.; in-8°.

Paléontologie française; par MM. D'ORBIGNY *et* DELARUE; 45e à 50e livr.; in-8°.

Conversion, suivant la loi du 4 juillet 1837, *des anciens Poids et Mesures en nouveaux; par* M. REOUT, instituteur; Vendôme, 1840; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome VII, n°s 23 et 24; in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; 15 — 30 septembre 1842; in-8°.

Annales des Sciences géologiques; juin et juillet 1842; in-8°.

L'Ami des Sourds-Muets; mai et juin 1842; in-8°.

Journal des Usines; par M. VIOLLET; août 1842; in-8°.

Journal de Pharmacie et de Chimie; septembre 1842; in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques; septembre 1842; in-8°.

Spécimen de l'Imprimerie de BACHELIER, rue du Jardinet, 12; 1842; in-4°.

Nouvel Udomètre, présenté à la Société des Sciences de Toulon par M. FLAUGERGUES. (Extrait du *Bulletin de la Société*); n°s 1 et 2; 9e année; Toulon, in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; juillet 1842; in-8°.

Transactions. . . *Transactions de la Société zoologique de Londres;* vol. III, partie 2; in-4°.

Proceedings. . . *Procès-Verbaux de la Société zoologique de Londres;* part. 9; 1841; in-8°.

Report... *Rapport du Conseil et des Auditeurs de la Société zoologique de Londres, lu à la séance publique du 29 avril* 1842; in-8°.

A List... *Liste des Membres et des Correspondants de la Société zoologique de Londres;* mai 1842; in-8°.

On the... *Sur la préparation de l'Encre typographique pour l'impression en noir et en couleur; par* M. W. Savage; Londres, 1842; in-8°.

Notice... *Notice sur l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie;* 3e édit., publiée par ordre de l'Académie; Philadelphie, 1836; in-8°.

Adress... *Discours prononcé, le* 25 *mai* 1839, *par* M. W.-R. Johnson, *à l'occasion de la pose de la première pierre de l'édifice destiné aux réunions de l'Académie des Sciences de Philadelphie;* in-8°.

Act of... *Acte d'incorporation de l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie, et dispositions législatives concernant cette Société;* 1840; in-8°.

Proceedings... *Procès-Verbaux des séances de l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie;* vol. Ier; nos 1 à 14 (mars 1841 à mai 1842); in-8°.

List... *Liste des Membres et Correspondants de la Société des Sciences naturelles de Philadelphie, depuis l'origine de la Société, en janvier* 1812, *jusqu'au* 1er *décembre* 1841; in-8°.

A Biographical... *Esquisse biographique sur* M. Th. Say, *un des membres fondateurs de la Société des Sciences naturelles de Philadelphie, lue à la séance du* 16 *décembre* 1834, *par* M. B.-H. Coates; Philadelphie, 1835; in-8°.

A Memoir... *Mémoire sur feu* W. Maclure, *président de la Société des Sciences naturelles de Philadelphie; par* M. S.-G. Morton; publié par ordre de l'Académie; Philadelphie, 1841; in-8°.

A Memoir... *Mémoire sur la Vie et les Travaux de* M. L.-D. von Schweinitz, *un des membres de l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie; par* M. W. Johnson; publié par ordre de l'Académie; Philadelphie, 1835; in-8°.

Journal... *Journal de Mathématiques pures et appliquées; par* M. A.-L. Crelle; vol. XXIV, livr. 1 et 2; Berlin, 1842; in-4°.

Metodo... *Méthode pour obtenir et rendre sensibles les contractions intrinsèquement électro-physiologiques qui peuvent se produire au moment où l'on ferme, comme à celui où l'on ouvre, le circuit purement nervoso-musculaire de la grenouille; par* M. Grimelli. (Extrait du *Folio di Modena,* n° 124.) In-16.

Gazette médicale de Paris; tome X, n° 39.

Gazette des Hôpitaux; t. IV, nos 112 à 114.

L'Expérience; n° 273.

L'Écho du Monde savant; nos 23 et 24.

A List. — *Liste des Membres et des Correspondants de la Société géologique de Londres*; mai 1842; in-4°.

On the... *Sur la proposition de l'Union géologique pour l'avancement [illegible]*, par M. W. Salter, Londres, 1842; in-8°.

Synopsis... *Notes sur l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie*, 2ᵉ édit., publiée par ordre de l'Académie; Philadelphie, 1836; in-8°.

Address... *Discours prononcé le 25 mai 1841, par M. W.-R. Johnson, à l'occasion de la première pierre de l'édifice destiné aux réunions de l'Académie des Sciences de Philadelphie*; in-8°.

Act of... *Acte d'incorporation de l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie, et règlements [illegible] concernant cette Société*; 1841; in-8°.

Proceedings... *Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie*; vol. Iᵉʳ, nᵒˢ 1 à 14 (mars 1841 à mars 1842); in-8°.

List... *Liste des Membres et Correspondants de la Société des Sciences naturelles de Philadelphie, depuis l'origine de la Société, en janvier 1812, jusqu'en septembre 1841*; in-8°.

A Biographical... *Esquisse biographique sur M. Th. Say, un des membres fondateurs de la Société des Sciences naturelles de Philadelphie, lue à la séance du 16 décembre 1834, par M. B.-H. Coates*; Philadelphie, 1835; in-8°.

A Memoir... *Mémoire sur feu M. S. Maclure, président de la Société des Sciences naturelles de Philadelphie*, par M. S.-G. Morton; publié par ordre de l'Académie; Philadelphie, 1841; in-8°.

A Memoir... *Notice biographique sur la vie et les travaux de M. J.-D. Schweinitz, un des membres de l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie*, par M. W. Johnson; publié par ordre de l'Académie; Philadelphie, 1835; in-8°.

Journal... *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, par M. A.-L. Crelle; vol. XXIV, liv. 1 et 2; Berlin, 1842; in-4°.

Metodo... *Méthode pour obtenir et rendre sensibles les contractions involontaires, volontaires et [illegible] qui peuvent se produire au moment où l'on ferme et ouvre le circuit où l'on emploie circuit galvanique [illegible] de la grenouille*; par M. Grimelli. (Extrait du *Fide de Modena*, n° 124.) In-16.

Gazette médicale de Paris; tome X, n° 40.

Gazette des Hôpitaux, t. IV, nᵒˢ 113 à 115.

L'Expérience, n° 293.

L'Écho du Monde savant, nᵒˢ 42 à 44.